ION COJOCARU

PALEOBIOLOGIE

I

III 270.650

EDITURA UNIVERSITĂȚII „ALEXANDRU IOAN CUZA"
IAȘI

BIBL. CENTR. UNIV.
„M. EMINESCU" IAȘI
III 270.650

BCU IAȘI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

100

ION COJOCARU

PALEOBIOLOGIE

I

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Referenţi ştiinţifici: **Prof. Dr. T. CHIFU**
Prof. Dr. L. OLARU

Redactor: DANA LUNGU

Procesare grafică şi copertă: BOGDAN-ANDREI GAVRILĂ
Imaginea de pe copertă reprezintă o impresiune de *Comsopteris adzvensis* (Glossopteridales) din Permian.

ISBN 973-8243-56-4
ISBN 973-8243-57-2

© EDITURA UNIVERSITĂŢII „ALEXANDRU IOAN CUZA", 2002
6600 IAŞI, PĂCURARI 9, TEL./FAX 0232-314947, E-MAIL: EDITURA_UAIC@MAIL.COM

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ION COJOCARU

PALEOBIOLOGIE

295062

VOLUMUL I

295064

- NOŢIUNI GENERALE
- ELEMENTE DE PALEOBIOLOGIE VEGETALĂ

347877
B.C.U. IAŞI

EDITURA UNIVERSITĂŢII „ALEXANDRU IOAN CUZA“
IAŞI – 2002

ALE

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
COJOCARU, ION
Paleobiologie / Ion Cojocaru. - Iaşi : Editura Universităţii „Al. I. Cuza", 2002-
4 vol. ; 24 cm.
ISBN 973-8243-56-4
Vol. 1 : Noţiuni generale : elemente de paleobiologie vegetală. - 2002. - p. - Bibliogr. - Index. - ISBN 973-8243-57-2

56:57

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ALE

25. FEB. 2003

Prefață

Această lucrare a fost realizată, în special, pentru a răspunde nevoii de cunoaștere a trecutului vieții din partea studenților biologi. Ca urmare, întreaga structură a lucrării este în concordanță cu programele analitice ale disciplinelor care se studiază în învățământul biologic universitar. Caracterizarea generală a marilor grupe de plante și animale s-a făcut în concordanță cu spectrul și volumul de cunoștințe obținute de studenții biologi la disciplinele de botanică și zoologie.

Prezentul material reprezintă o sinteză a celor mai noi și acceptate puncte de vedere asupra diverselor și complexelor probleme pe care le ridică cercetarea trecutului vieții. Acolo unde am făcut schimbări mai importante la partea de sistematică, nu am ales o variantă preferată, ci am fost nevoit să mă raliez la noul consens în materie. Capitolele sunt dimensionate în funcție de importanța evolutivă și stratigrafică a grupului respectiv.

Lucrarea este concepută în patru volume. Primul tratează noțiuni generale precum obiectul, istoricul și importanța studiului fosilelor, procesul de fosilizare etc. și elemente de paleobiologie vegetală (paleobotanică). Al doilea volum cuprinde paleobiologia nevertebratelor; al treilea paleobiologia chordatelor iar volumul al patrulea tratează evoluția florelor și faunelor pe parcursul timpurilor geologice.

Această lucrare se adresează în primul rând studenților și profesorilor biologi dar poate fi utilizată și de studenții geologi, cercetătorii din domeniu și de toți aceia care doresc să se informeze asupra grandiosului proces pe care îl reprezintă evoluția vieții, în strânsă legătură cu evoluția Pământului ca planetă. Cartea a fost scrisă cu dorința vie de a înfățișa cititorului, chiar în stilul rece al textului științific, exuberanța extraordinară a lumii care ne-a precedat, o lume descifrată din urme șterse și resturi împietrite, dar care a fost de mii de ori mai bogată decât a noastră.

Autorul

Aprilie 2002

CUPRINS

Prefață 5
Cuprins 6

I. NOȚIUNI GENERALE 9
Paleobiologia – știință evoluționistă interdisciplinară 9
Etape ale dezvoltării cunoștințelor despre viețuitoarele trecutului 10
Studiul fosilelor în România 18
Specializări în cadrul paleobiologiei 20
Fosilele și procesul de fosilizare 22
Moduri de fosilizare 24
Importanța fosilelor 27
Importanța geologică 27
Importanța biologică 30
Importanța paleogeografică 45
Importanța economică 48

II. ELEMENTE DE PALEOBIOLOGIE VEGETALĂ 50
Etape ale evoluției regnului vegetal și clasificarea lui 50
Subregnul PROCARYOBIONTA 52
Încrengătura BACTERYOPHYTA 52
Încrengătura CYANOPHYTA 53
Subregnul PHYCOBIONTA 54
Încrengătura DINOPHYTA 54
Incertae sedis ACRITARCHA 55
Încrengătura CHRYSOPHYTA 56
Clasa CHRYSOPHYCEAE 56
Ordinul Coccolithophoridales 56
Ordinul Dictyochales (Silicoflagellata) 57
Încrengătura BACILLARIOPHYTA 57
Încrengătura PHAEOPHYTA 58
Încrengătura RHODOPHYTA 59
Încrengătura CHLOROPHYTA 60
Clasa CHLOROPHYCEAE 62
Clasa CHAROPHYCEAE 63
Incertae sedis NEMATOPHYTA 65
Subregnul MYCOBIONTA 66
Subregnul LICHENOPHYTA 67
Subregnul BRYOBIONTA 67
Încrengătura BRYOPHYTA 67
Subregnul CORMOBIONTA 68
Încrengătura PTERIDOPHYTA 70
Clasa PSILOPSIDA 74
Ordinul Rhyniales 75
Ordinul Psilophytales 75

Clasa LEPIDOPSIDA 76
Ordinul Asteroxylales 76
Ordinul Protolepidodedrales 77
Ordinul Lepidodendrale 78
Ordinul Isoëtales 83
Ordinul Lycopodiales 84
Ordinul Selaginellales 85
Clasa ARTHROPSIDA 86
Ordinul Hyeniales 86
Ordinul Sphenophyllales 87
Ordinul Equisetales 89
Clasa FILICOPSIDA 94
Subclasa Primofilicidae 97
Subclasa Eusporangiidae 98
Ordinul Ophioglossales 98
Ordinul Marattiales 98
Subclasa Leptosporangiidae 99
Ordinul Osmundales 99
Ordinul Filicales 101
Subclasa Hydropterididae 101
Ordinul Hydropteridales 101
Subclasa Progymnospermidae 102
Filogenia pteridofitelor 102
SPERMATOPHYTA 105
Încrengătura GYMNOSPERMAE 106
Subîncrengătura CYCADOPHYTINA 101
Clasa PTERIDOSPERMAE 101
Ordinul Pteridospermales 112
Ordinul Caytoniales 114
Ordinul Glossopteridales 115
Clasa CYCADOPSIDA 116
Ordinul Cycadales 117
Ordinul Nilssoniales 117
Clasa BENNETTITOPSIDA 118
Ordinul Bennettitales 118
Ordinul Pentoxylales 121
Clasa GNETOPSIDA 122
Ordinul Ephedrales 124
Ordinul Gnetales 125
Ordinul Welwitschiales 125
Subîncrengătura CONIFEROPHYTINA 126
Clasa GINKOPSIDA 126
Ordinul Ginkgoales 127
Clasa CONIFEROPSIDA 128
Subclasa Cordaitidae 128
Ordinul Cordaitales 128
Subclasa Pinidae 130

Ordinul Protoconiferales 131
Ordinul Euconiferales 132
Filogenia gimnospermelor 134
Încrengătura ANGIOSPERMAE 136
Originea angiospermelor 138
Clasa DICOTYLEDONATAE 142
Subclasa Magnoliidae 142
Ordinul Magnoliales 142
Ordinul Laurales 143
Subclasa Hamamelidae 143
Ordinul Trochodendrales 143
Ordinul Hammamelidales 144
Ordinul Urticales 144
Ordinul Fagales 144
Ordinul Myricales 145
Ordinul Juglandales 145
Subclasa Rosidae 145
Ordinul Rosales 146
Ordinul Myrtales 146
Ordinul Sapindales 146
Ordinul Celastrales 147
Ordinul Rhamnales 147
Ordinul Cornales 147
Ordinul Araliales 147
Subclasa Dilleniidae 147
Ordinul Salicales 148
Ordinul Malvales 148
Ordinul Ericales 148
Subclasa Caryophyllidae 148
Subclasa Asteridae 149
Ordinul Gentianales 149
Ordinul Oleales 149
Clasa MONOCOTYLEDONATAE 149
Subclasa Alismidae 150
Ordinul Hydrocharitales 150
Subclasa Liliidae 150
Ordinul Zingiberales 151
Ordinul Cyperales 151
Ordinul Poales 151
Subclasa Arecidae 151
Ordinul Arecales (Palmales) 152
Ordinul Pandanales 152
Ordinul Typhales 152
Filogenia angiospermelor 152
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ 153
Index de denumiri taxonomice **155**
157

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

I. NOȚIUNI GENERALE

Paleobiologia – știință evoluționistă interdisciplinară

Paleobiologia (gr. *palaios* – vechi; *bios*-viață; *logos* – cuvânt, știință) este știința care se ocupă cu studiul viețuitoarelor din trecutul geologic. Cercetările de paleobiologie au ca obiect *descrierea și clasificarea fosilelor, stabilirea relațiilor filogenetice dintre viețuitoarele vechi și cele actuale, precum și reconstituirea morfologică, anatomică, fiziologică și a modului de viață, ale organismelor cărora le aparțin*. Termenul de *paleobiologie*, cu sensul enunțat mai sus, a fost folosit prima oară în anul 1862 de către Adolphe d' Archiac (1802-1869), cercetător al formațiunilor erei secundare și terțiare. De atunci paleobiologia, știința despre istoria viețuitoarelor, a cunoscut o mare dezvoltare, o dată cu progresele făcute prin descoperirea a numeroase fosile și punerea la punct a unor metode moderne de reconstituire a lor. Dacă viețuitoarele actuale – plante și animale – reprezintă obiectul de studiu al biologiei – știința vieții – cercetarea istoriei vieții pe Pământ presupune investigații complexe care necesită aportul mai multor științe, cea mai importantă fiind geologia istorică (stratigrafia).

Fosilele, resturi și urme ale organismelor din trecutul geologic, se păstrează în stratele scoarței terestre ca parte integrantă și, uneori, caracteristică a acestora. De aceea, primele abordări științifice asupra fosilelor au fost făcute în cadrul cercetărilor geologice asupra scoarței terestre, tipurilor de roci, modului de sedimentare etc. Astfel, s-a dezvoltat o știință a fosilelor numită, în anul 1825, de către anatomistul francez H. Ducrotay de Blainville (1777–1850) *paleontologie* (gr. *palaios* – vechi; *ontos* – ființă; *logos* – cuvânt, știință).

Paleontologia s-a dezvoltat ca știință interdisciplinară, utilizând metodele biologiei dar și ale geologiei istorice. În contextul științelor geologice, fosilele sunt considerate drept componente litosferice (asemenea oricărei roci) dar care au aparținut unor organisme ce au trăit într-un trecut îndepărtat (asemenea oricărei specii actuale). Ca știință atașată complexului de științe geologice, paleontologia se ocupă cu *descrierea și clasificarea* fosilelor și a asociațiilor fosilifere. Fosilele, care pot fi determinate, sunt descrise și ordonate de către paleontologi, împreună cu speciile actuale, în *sisteme de clasificare comune*. Dezvoltarea paleontologiei, ca știință de sine stătătoare, a permis realizarea de progrese în privința reconstituirii fizice și ecologice a fosilelor, din nevoia de a se găsi răspunsuri la marile întrebări pe care le-a pus gândirea biologică referitor la evoluție, planuri de organizare, adaptare, extincție, progres biologic etc. În acest fel, paleontologia s-a integrat *paleobiologiei* – știință mai cuprinzătoare ce întregește orizontul cunoștințelor despre viață și, în plus, oferă

B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI

explicații ce permit o mai bună înțelegere a formelor actuale de plante și animale.

Paleobiologia a căpătat consistență și s-a definit ca știință care depășește obiectivele paleontologiei, ca urmare a cerințelor imense de cunoaștere din partea biologilor și a altor cercetători, a *modului de viață* al speciilor dispărute. Prin paleobiologie, paleontologia clasică aparține grupului de științe biologice și a devenit unul dintre domeniile cele mai fertile de cercetare pentru dezvoltarea teoriei evoluționiste. Astfel, marele zoolog francez Pierre Grassé arăta în lucrarea sa *L'evolution du vivant* (1973): „Paleontologia este singura în stare să dovedească realitatea evoluției și să releve modalitățile și mecanismele sale. Nici considerațiile asupra organismelor actuale, nici imaginația, nici teoriile nu pot substitui documentele paleontologice".

Paleontologia și paleobiologia sunt două aspecte și, în același timp, două etape în cercetarea resturilor fosile. Folosindu-se metode comparative de anatomie, fiziologie sau ecologie s-a ajuns să se treacă de la simpla descriere a unor cochilii sau oase la cunoșterea tipului de metabolism („sânge rece" sau „cald"), a modurilor de locomoție, nutriție, reproducere, comportament sau la reconstituirea unor lanțuri trofice privind organismele din trecutul geologic. Paleobiologia a schimbat, uneori radical, imaginea pe care omul și-o făcuse despre multe din organismele dispărute, devenind astăzi un domeniu tot mai important de cercetare și de învățământ academic, cu interes receptat de publicul larg.

Etape ale dezvoltării cunoștințelor despre viețuitoarele trecutului

Fosilele au atras atenția omului din cele mai vechi timpuri. Omul paleolitic a cules cochilii fosile ce i se păreau frumoase pentru a construi podoabe.

În Antichitate, fosilele găsite întâmplător sau observate la suprafața pământului erau, în general, corect interpretate în lumea cultă ca resturi ale unor animale sau plante care au trăit în trecut. Asemenea interpretări sunt menționate de marii învățați ai antichității precum Xenofan din Colofon (c. 570-478 î.e.n.), Herodot (c. 484-425 î.e.n.) sau Aristotel (384-322 î.e.n.). Astfel, Herodot în *Istorii*, referindu-se la descrierea Egiptului, observă că Nilul, depunând aluviuni, se vede cum „pământul Egiptului intră mai adânc în mare decât țărmul învecinat, cum pe munții din împrejurimi se pot vedea scoici..." În urma unor atare observații, esența fosilelor sau prezența lor într-un loc, nu mai constituiau un mister iar ideea că lumea vie se schimbă, ca și întreaga suprafață a Pământului, a fost precursoarea transformismului de peste mai bine de două milenii.

Spiritul raționalist al Antichității care putea exprima adevăruri în contextul unui evoluționism intuitiv este, însă, abandonat în perioada Evului Mediu. Sub influența dogmelor religioase și a scolasticii despre caracterul creat și imuabil al Lumii, gândirea antică liberală este părăsită iar cercetarea Naturii a fost privită cu ignoranță. Fosilele erau socotite ca imitații bizare ale unor organisme - „jocuri ale naturii" (*ludus naturae)* sau „pietre cu figuri", generate de acțiunea modelatoare a unor forțe din adâncul pământului *(vis plastica)*. Oamenii simpli vedeau oasele fosile ca resturi ale uriașilor, dragonilor sau chiar ale sfinților din trecut. Deseori, aceste oase nemaivăzute erau distruse fără rost sau erau culese pentru obținerea unor leacuri tămăduitoare; ele nu trezeau vreun interes științific.

În Occident, perioada Renașterii, caracterizată prin abordarea materialistă și multilaterală a studiului Naturii de personalități și genii ale culturii, aduce un progres și în privința cunoașterii fosilelor. Personalități precum pictorul italian Leonardo da Vinci (1452–1514), profesorul de filozofie Girolamo Fracastoro (1483-1553) sau olarul francez Bernard Palissy (1510-?1589) au susținut originea organică a fosilelor. Leonardo da Vinci a observat fosile marine în strate din Munții Apenini și a socotit că acestea s-au format mai întâi în mare și apoi au fost înălțate în poziția actuală. În această perioadă, încep să fie adunate în colecții, alături de minerale și roci sau exponate arheologice, și fosile. Apar și primele cataloage în care fosilele sunt descrise cu multă minuțiozitate. În condițiile în care creaționismul oficial avea de întâmpinat greutăți în fața evidențelor, fosilele sunt, dintr-o dată, folosite în favoarea dogmei religioase ca mărturii ale Potopului. În aceste circumstanțe, era acceptat faptul că fosilele aparțin unor organisme din vechime, chiar diferite de cele de astăzi, dar nu puteau fi mai vechi de data de 22 octombrie, anul 4004, ora 9 dimineața, înainte de Christos, când a fost creată Lumea – după cum a calculat arhiepiscopul irlandez James Usher !... Acum, căutarea unor mărturii ale Potopului lui Noe era bine primită de Biserică, iar interpretarea noilor descoperiri a fost pe măsura intenției. A devenit celebru cazul descoperirii în 1726 a unei salamandre uriașe, ce datează din Miocenul Elveției, pe care medicul Iohann Scheuchzer (1672–1733) a descris-o sub numele de *Homo diluvii testis* – omul martor al Potopului. Mai târziu, Cuvier, cercetând scheletul, recunoaște în el o salamandră gigantică (avea 1,65 m lungime) și pe care o numește *Andrias scheuchzeri*, legând definitiv numele medicului creaționist de analele paleontologiei!

Secolele al XVII-lea și al XVIII-lea au marcat o perioadă de avânt al științelor, iar preocupările privind cunoașterea trecutului biologic al Pământului se conturează în două direcții fundamentale de cercetare: cercetarea stratigrafică (biostratigrafică), care urmărește datarea și sincronizarea stratelor geologice cu ajutorul fosilelor și cercetarea filogenetică (paleobiologică), legată de reconstituirea liniilor genealogice ale organismelor fosile și a relațiilor de

înrudire ale acestora cu formele actuale. Niels Steensen (lat. *Nicolaus Steno*), care a descoperit în roci din insula Malta dinți fosilizați de rechin, a dedus că, odinioară, Malta era situată sub nivelul mării iar rocile care conțin dinți de rechin s-au depus într-o anumită perioadă de timp. El a socotit că rocile de la adâncime mai mare s-au format mai întâi și sunt cele mai vechi. Această concluzie, aparent simplă, este deosebit de importantă și a devenit *principiul superpoziției* – principiu fundamental al stratigrafiei.

William Smith (1769-1839), în Anglia, a remarcat că în cadrul pachetelor de strate, fosilele se succed într-o continuă diversificare tipologică, locul unor fosile într-o secvență litologică fiind luat de altele în cadrul secvenței următoare. Astfel, s-a descoperit *principiul succesiunii faunistice*, care a devenit cea de-a doua lege fundamentală a stratigrafiei. Totodată, aceleași tipuri de succesiuni fosilifere se puteau întâlni în strate situate la distanțe de zeci sau sute de mile depărtare, strate numite *sincrone*.

W. Smith a fundamentat biostratigrafia și a creat primele hărți geologice. Cercetări asemănătoare a realizat în Franța A. Brongniart care, în 1821, într-o lucrare importantă *(Sur les caractères zoologiques des formations...)* care îi conferă un loc de seamă în rândul fondatorilor paleontologiei stratigrafice, ilustrează, prin diferite exemple, ideea de fosile caracteristice, principiu esențial al paleontologiei stratigrafice. Pachetele de strate fosilifere, diferențiate după tipul de roci și fosile, reprezentau, totodată, materializarea unor lungi perioade de timp în care s-au format, concluzie care a permis dezvoltarea cronologiei geologice prin stabilirea vârstei relative a unui strat comparativ cu cea a altui strat. Cercetările amintite de biostratigrafie au condus la elaborarea a două concluzii:

1. cu cât fosilele au un plan de organizare inferior în raport cu viețuitoarele actuale, cu atât depozitele respective sunt mai vechi.

2. formațiunile care conțin fosile identice sunt de aceeași vârstă și pot fi socotite sincrone. Aceasta este metoda paleontologică de stabilire a vârstei relative a stratelor pe baza folosirii fosilelor caracteristice, fapt care a permis alcătuirea primei scări a timpului geologic. Unitățile ierarhice de timp erau deduse din ierarhia sistemelor de strate. Abia la sfârșitul secolului al XIX-lea a fost elaborată prima scară stratigrafică internațională care cuprindea cinci ere: precambrian, primar, secundar, terțiar și cuaternar.

Abordarea sistematică a fosilelor, pe baza unor studii anatomice detaliate, a permis dezvoltarea celei de a doua mari direcții de cercetare a fosilelor și anume cercetarea paleobiologică. Bazele acestui domeniu de studiu le-a pus Georges Cuvier (1769-1832) (Fig. 1), care este fondatorul anatomiei comparate și paleontologiei vertebratelor. Cuvier a fundamentat o metodă de cercetare inductivă a fosilelor bazată pe comparația organelor între ele la organismele actuale și comparația organismelor fosile cu cele actuale - principiul corelației organice. Ideea este că, într-o ființă vie, organele acționează

unele asupra altora şi cooperează la o acţiune comună. De exemplu, intestinele, organizate pentru a digera carne, pradă vie, se găsesc într-un organism ce prezintă maxilare şi dinţi capabile de a sfâşia această pradă; ghearele trebuie să fie dezvoltate pentru a o apuca; locomoţia, adecvată pentru a o prinde; organele de simţ pentru a o observa de departe iar instinctul de a atrage în cursă victima să fie prezent. Cunoscându-se numai o parte din acest complex, consideră Cuvier, se pot deduce celelalte părţi. Totuşi, Cuvier sesizează că acest principiu se aplică la părţile esenţiale ale unui organism, celelalte părţi putând prezenta mari variaţii. Cuvier merge mai departe cu acest raţionament, observând că, la corelaţia internă, trebuie să se adauge şi o corelaţie externă, adică nu este suficient ca părţile unei fiinţe să se armonizeze între ele ci este necesar ca fiinţele, în relaţiile dintre ele, să prezinte o armonie asemănătoare.

Aplicând metoda comparativă în studiului fosilelor, Cuvier a obţinut rezultate remarcabile în epoca sa, reuşind să reconstituie, numai după câteva resturi, mamifere dispărute. Astfel, în timpul unor săpături pe colina Montmartre de lângă Paris, a descoperit nişte dinţi care i-au sugerat că aparţin unui marsupial; acest lucru a fost confirmat curând după aceea când s-a descoperit un schelet complet care conserva osul marsupial. Monumentală a fost reconstituirea scheletelor perisodactilului *Palaeotherium* şi artiodactilului *Anoplotherium*, deşi resturile lor osoase erau amestecate, prin comparaţii succesive între ele, pe de o parte, şi între acestea şi copitatele actuale, pe de altă parte.

În această primă jumătate a secolului al XIX–lea, geologii şi paleontologii se grupează în jurul a două teorii: *catastrofismul* şi *actualismul*.

Teoria catastrofelor, adoptată de creaţionişti şi fixişti (cei care considerau că numărul speciilor nu s-a schimbat de la actul Creaţiei), considera că suprafaţa Pământului a fost supusă unor puternice cataclisme în decursul timpurilor geologice (erupţii vulcanice, scufundări ale scoarţei terestre, revărsări de ape) care au produs cutările, deformările scoarţei terestre (formele de relief) şi, totodată, dispariţia multor grupe de plante şi animale; în locul acestor vieţuitoare au apărut altele, venite prin migraţie din regiunile neafectate. Această teorie nu este însă pe deplin creaţionistă, deoarece presupune o succesiune de faune şi flore în urma marilor revoluţii ale Globului. Cercetarea faunei fosile ca şi a faunei actuale ar indica, după Cuvier, mai degrabă constanţa speciilor decât evoluţia lor deoarece nu s-au găsit forme intermediare evidente între diferitele asociaţii fosilifere. Discipolul lui Cuvier, A. d'Orbigny, dezvoltând această teorie, susţinea că în trecutul geologic al Pământului au avut loc 27 de catastrofe; după fiecare catastrofă, care distrugea complet viaţa Globului pământesc, aceasta se refăcea printr-un nou act de creaţie.

Actualismul sau *principiul cauzelor actuale* susţine, în esenţă, că pentru acelaşi efect există aceeaşi cauză. Principalul său fondator, geologul Charles Lyell (1797-1875) (Fig. 1), infirmând teoria catastrofelor a lui Cuvier,

dovedește că orice fenomen observat în strate s-a petrecut treptat și ireversibil sub acțiunea unor cauze care se pot recunoaște și în natura actuală. Actualismul, însă, a luat în considerație faptul că factorii fizici (intensitatea vulcanismului, compoziția atmosferei etc.) s-au modificat în intensitate pe parcursul timpului geologic, aducând astfel o corectură uniformismului promovat anterior de J. Hutton, care considera în mod exclusiv că „prezentul este cheia trecutului". Opera lui Ch. Lyell a pus bazele geologiei moderne, fiind comparabilă cu opera lui Darwin în biologie și a constituit o premisă a dezvoltării teoriei evoluționiste.

Pe baza lucrărilor de geologie, renumitul zoolog J. B. Lamarck (1744-1829) (Fig. 1), contemporan și adversar al lui Cuvier, ajunge la convingerea că fosilele provin de la strămoșii speciilor actuale, de care se deosebesc prin faptul că au trăit în condiții de mediu diferite.

Charles Darwin (1809-1882) (Fig. 1) pune bazele teoriei evoluționiste, publicând, în 1859, monumentala sa lucrare *Originea speciilor*. Darwinismul explică evoluția speciilor prin transformări lente, imperceptibile, ce se produc în timp îndelungat, sub influența selecției naturale. Fosilele ar reprezenta dovezi ale transformării gradate a organismelor. Din păcate, inventarul paleontologic cunoscut la vremea aceea nu a oferit suficiente argumente în favoarea existenței „verigilor de legătură" presupuse. Cu toate acestea, paleontologii au fost printre primii naturaliști care au aderat la teoria darwinistă, teorie ce le oferea suportul teoretic în explicarea transformării speciilor fosile de-a lungul erelor geologice. Orizontul explicativ deschis de Darwin a creat condițiile necesare abordării evoluționiste a seriilor de fosile de către numeroși paleontologi. Au fost formulate *legi ale evoluției*, precum *legea radiațiilor adaptative* (H. F. Osborn), *legea caracterului nespecializat al grupelor de origine* (E. D. Cope), *legea ireversibilității evoluției* (L. Dollo), *legea variațiilor neadaptative și adaptative* (V. O. Kovalevski).

M. Neumayr (1845-1890), strălucit geolog și paleontolog evoluționist al Universității din Viena, urmaș convins al lui Darwin, considera stabilirea relațiilor filogenetice dintre organisme ca o sarcină principală a paleontologiei. Totodată, M. Neumayr studia și dependența dezvoltării filogenetice a organismelor de mediul în care au trăit acele organisme.

În a doua parte a secolului al XIX-lea, avântul descoperirilor de fosile a dus la cunoașterea multor grupe cu totul noi de animale, înființarea de mari muzee, elaborarea de tratate de specialitate. Descoperirea, în anul 1861, a primului exemplar de *Archaeopteryx*, oferea primul exemplu incontestabil de verigă de legătură. În această perioadă se fac cercetări de către numeroși autori și apar primele studii monografice asupra diferitelor grupe de nevertebrate fosile, multe necunoscute în fauna actuală: foraminifere, spongieri, celenterate (corali, stromatoporoidee), echinoderme (crinoidee, blastoidee, cystoidee), brahiopode, moluște (printre care și amoniții), trilobiți, insecte.

Dintre vertebrate, sunt studiate numeroase mamifere terțiare (G. Cuvier), dinosauri (O. Marsh şi E. D. Cope), peşti (J. Leidy), reptile marine mesozoice – ihtiosauri şi plesiosauri (L. Agassiz), plesiozauri, reptile zburătoare – pterosauri, reptile mamaliene – theromorfe, prima pasăre cunoscută – *Archaeopteryx* (R. Owen), primate – driopitecul, pliopitecul (E. Lartet) şi multe altele.

Tot acum, la sfârşitul secolului al XIX-lea, se realizează studii de paleobiologie în sensul strict al cuvântului, cum ar fi cele de *peleoneurologie*, fondate de O. Marsh (1831–1899), care a studiat encefalul la mamifere terțiare (*Dinocerata*); P. Gervais (1816–1879) a prezentat numeroase reconstituiri de mulaje endocraniene de mamifere (carnivore, marsupiale etc). Precizăm însă că primele observații de acest gen le-a făcut Cuvier asupra creierului de *Anoplotherium*.

K. von Zittel (1839-1904), în tratatul său capital *Handbuch der Paläontologie*, studiază fiecare grup mare în raporturile sale de organizare anatomică şi zoologică cu formele reprezentative ale lumii vii actuale. Pentru Zittel, paleontologia are drept scop reconstituirea istoriei vieții.

În primele decenii ale secolului al XX-lea, dezvoltarea geneticii a permis abordarea aspectelor populaționale ale evoluției şi a diversității lumii vii. Interpretarea genetică a evoluției excludea confuzia creată între gradualism şi rolul selecției naturale. În cele din urmă, biologii au căzut de acord asupra următoarelor principii: evoluția se desfăşoară treptat, prin acțiunea selecției naturale asupra variațiilor genetice mici şi recombinărilor de gene; introducerea conceptului de populație, promovarea teoriei că speciile reprezintă grupuri de populații izolate reproductiv; acțiunea factorilor ecologici asupra diversității lumii organice şi asupra originii taxonilor superiori se întemeiază pe ideea că toate fenomenele evolutive pot fi explicate prin mecanisme genetice. Astfel, către jumătatea secolului al XX-lea, personalități marcante ale biologiei au pus bazele noii sinteze sau neodarwinismul modern: geneticianul Th. Dobzhansky (1937), taxonomistul J. Huxley (1942), zoologul E. Mayr (1942) şi paleontologul G.G. Simpson (1944), la care au aderat ulterior numeroşi alți oameni de ştiință. Descifrarea mecanismelor evoluției, a dinamicii proceselor evolutive prin integrarea datelor paleontologice au permis analiza mai detaliată a macroevoluției – apariția planurilor de organizare, problema „nodurilor filogenetice" şi nu în ultimul rând problema originii vieții sau cea a apariției omului.

În a doua parte a secolului al XX-lea, s-au dezvoltat opinii divergente în cadrul teoriei sintetice cum este „teoria echilibrului punctat" elaborată de S. J. Gould şi N. Eldredge în anii '70 care apreciază că evoluția nu s-a derulat lent şi gradat ci discontinuu, fiind întreruptă de perioade de stază (echilibre intermitente). Curând, teoria a fost apreciată de numeroşi paleontologi care puteau explica mai uşor discontinuitățile din şirurile de forme fosile. Acest

model de evoluție ar explica macroevoluția. Totuși, această „teorie" nu este decât un punct de vedere care poate rezulta neantagonic din analizele teoriei sintetice. Subestimarea evoluției filetice și a rolului selecției naturale și al adaptării, sunt deficiențele majore ale noii orientări. Analiza stratigrafică a fosilelor, deși este de un real folos, nu poate fundamenta o teorie a evoluției.

În ultimele decenii ale secolului al XX-lea, cunoștințele despre trecutul vieții pe Pământ au cunoscut o mare amploare și diversificare. Au fost făcute numeroase expediții și descoperiri paleontologice care au permis o mai bună reconstituire a filogeniilor. De exemplu, referitor la originea păsărilor, s-a stabilit, de către majoritatea autorilor, că acestea provin din dinosauri și nu direct din tecodonte. Studiile paleobiologice au condus la revizuirea imaginii despre multe dintre organismele dispărute, cel mai popular fiind cazul dinosaurienilor. În ultimii ani, s-au făcut descoperiri paleontologice uimitoare – dinosauri cu pene (*C'audipteryx)*! Astfel, putem înțelege că verigile intermediare lipsesc, așa cum considera Darwin, din cauza sărăciei documentelor paleontologice. În domeniul evoluției omului, în această perioadă s-a confirmat ipoteza lui Darwin privind originea africană a omului.

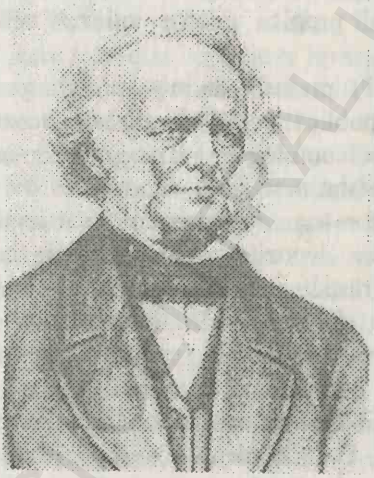
În privința *macroevoluției*, a devenit tot mai pregnant un cunoscut factor evolutiv – întâmplarea. Rolul micilor accidente genetice numite mutații în transmiterea informației genetice era cunoscut de teoria sintetică clasică. Aceste accidente, fiind multe și mici, deveniseră predictibile, estimabile statistic și intraseră ca parte componentă a mecanismului evolutiv. Despre *macroaccidente*, care să schimbe întregul scenariu evolutiv, acționând împotriva „legilor" evoluției nu putea fi vorba. Acestea erau posibile numai în teoria catastrofelor a lui Cuvier. Dar, în anii '80-90, geologii au dovedit că marea dispariție de faună de la sfârșitul Mesozoicului coincide cu momentul când Pământul a fost lovit de un asteroid, acum 65 milioane de ani. Ulterior, s-a constatat că au avut loc impacte majore cu asteroizi și în Triasic și la sfârșitul Permianului, toate aceste evenimente putând fi corelate cu extincții majore de floră și faună. A devenit clar că, oricât am cunoaște de bine fosilele și succesiunile lor în depozitele sedimentare, nu putem asambla procesul macroevolutiv și filogeniile fără să luăm în considerație aceste evenimente majore, *nepredictibile* de nici o lege a evoluției dar predictibile ca fenomene cosmice, relativ la istoria Terrei ca planetă. Așadar, florele și faunele actuale nu sunt doar rezultatul legilor ale evoluției ci și un *status quo* realizat în urma conexiunilor cosmice ale planetei noastre.

Multe din progresele înregistrate recent de paleobiologie se datorează tehnologiei moderne computerizate, analizei tomografice a interiorului fosilelor, utilizării de mari resurse umane, tehnice și financiare. Paleobiologia a devenit o preocupare aparte în cadrul paleontologiei; există institute de cercetări și se editează reviste cu acest profil. Istoria vieții pe Pământ este, în prezent, un

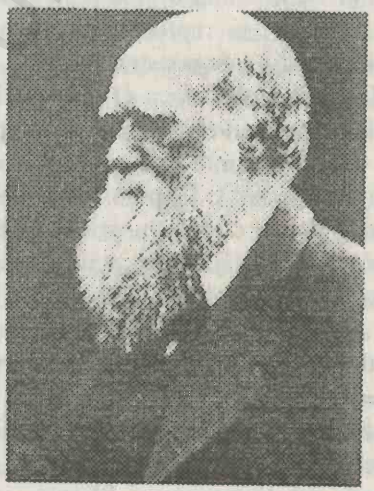
obiectiv ştiinţific major de cercetare, domeniu de studiu academic şi subiect de larg interes în rândul publicului.

Jean-Baptiste Lamarck
(1744 - 1829)

Georges Baron de Cuvier
(1769 - 1832)



Sir Charles Lyell
(1797 - 1875)



Charles Darwin
(1809 - 1882)

Fig. 1. **Figuri ilustre de cercetători ai trecutului vieţii şi al Pământului**

Studiul fosilelor în România

Primele informații sau lucrări paleontologice referitoare la țara noastră apar, înainte de înființarea universităților din Iași, București și Cluj-Napoca, în note de călătorie sau publicațiile unor institute geologice din străinătate. Dintre aceste lucrări amintim pe cele mai importante.

În anul 1780, Johan Fichtel publica lucrarea *Studiu asupra istoriei mineralelor din Transilvania*, în care se fac referiri și la fosile terțiare găsite la Tușnad – Turia.

P. Partsch, în notele de călătorie făcute în Transilvania (1826-1827), prezintă și unele informații paleontologice. Ami Boué publică date paleontologice despre Carpații Maramureșului și ai Transilvaniei (1831) și Banatului (1838). Ulterior, apar și lucrări cu conținut paleontologic conturat dintre care menționăm pe cele ale lui J. Kudernatsch asupra florei liasice de la Anina (1850), J. L. Neugeboren (1881) și E. A. Bielz (1852); K. J. Andrae (1855); D. Stur (1860), tratează florele fosile din Transilvania și Banat; J. Meschendorfer (1860), Fr. Ritter von Hauer și A. E. Reuss (1865), D. Stur (1863) realizează un prim studiu sistematic asupra florei terțiare din Bazinul Petroșani și altele.

Înființarea universităților din Iași, București și Cluj-Napoca, cât și a institutelor de cercetări științifice precum Academia Română (1866), Biroul Geologic (1882), Institutul geologic al României (1906), Societatea Română de Geologie (1930), a reprezentat cadrul propice pentru inițierea cercetărilor paleontologice din țara noastră.

Grigore Cobălcescu (1831–1892), profesor de mineralogie, geologie și paleontologie la Universitatea din Iași, publică în 1862 lucrarea *Calcariul de la Răpidea* care reprezintă primul studiu paleontologic și stratigrafic de amploare apărut în țara noastră. El precizează vârsta miocenă a depozitelor din Podișul Moldovei și folosește pentru prima dată o terminologie geologică românească. Gr. Cobălcescu a făcut cercetări asupra depozitelor din regiunile carpatice, ocupându-se de problema originii și răspândirii zăcămintelor de petrol. În lucrarea *Asupra unor tărâmuri terțiare din unele părți ale României* (1882), studiu paleontologic și stratigrafic al formațiunilor neogene din regiunea Buzău, el stabilește o echivalență între stratele pliocene cu *Psilodon* (gen creat de el) din România și stratele cu *Paludina* din Slovenia, echivalență care este valabilă și în zilele noastre. În această lucrare, Gr. Cobălcescu descrie peste 100 de specii fosile din Sarmațian și Pliocen, multe fiind specii noi. El a mai cercetat depozitele neocomiene și fauna de amoniți din Bazinul Dâmbovicioarei (1888).

Gregoriu Ștefănescu (1838-1911), profesor de geologie la Universitatea din București, a făcut cercetări mai ales asupra vertebratelor. Studiul *Oseminte de mamifere fosile din România* (1872) a fost cunoscut la vremea respectivă în toată lumea. Alte lucrări valoroase ale lui Gr. Ștefănescu au fost cele cu privire

la calcarul numulitic de la Albeşti (1864), flora terţiară din Oltenia (1879), resturile de *Deinotherium gigantissimum* şi de *Camelus alutensis* (1910) etc. Cu ocazia numeroaselor sale călătorii în diferite părţi ale lumii, Gr. Ştefănescu a recoltat bogate şi variate colecţii de minerale, roci şi fosile.

Lucrările lui Gr. Cobălcescu şi Gr. Ştefănescu ilustrează începuturile paleontologiei româneşti.

Ion Simionescu (1873-1944), profesor de geologie şi paleontologie la universităţile din Iaşi şi Bucureşti, discipol ilustru al lui Gr. Cobălcescu, a realizat numeroase lucrări ştiinţifice în domeniul paleontologiei dintre care menţionăm pe cele referitoare la fauna cretacică de la Ormeniş (Transilvania), peştii fosili din Oligocen, faunele cretacice, jurasice şi triasice din Dobrogea, fauna devoniană de la Bujoarele (Dobrogea), algele mesozoice, amoniţi, mamifere pleistocene etc., lucrări de mare prestigiu în ţară şi străinătate.

Sabba Ştefănescu (1857-1931), titularul primei catedre de paleontologie din ţară (1905), la Universitatea din Bucureşti, a realizat valoroase studii asupra Terţiarului din România, asupra moluştelor şi proboscidienilor din Pliocen.

Dintre elevii ieşeni ai lui I. Simionescu, se impun ca remarcabili profesori şi cercetători ai formaţiunilor fosilifere din Moldova G. Macovei, M. David, T. Văscăuţeanu şi N. Macarovici, iar de la Bucureşti I. Barbu, Virginia Barbu şi Elena Dobrescu.

La Universitatea din Cluj-Napoca, primii profesori de paleontologie au fost A. Koch care s-a ocupat de depozitele terţiare ale Transilvaniei (1894, 1898), Fr. Herbich care a studiat, în special, fauna cretacică, I. Popescu–Voiteşti, care a studiat depozitele jurasice, cretacice şi terţiare dintre Dâmboviţa şi Olt, numuliţii, moluştele şi mamiferele din Pliocen şi flora oligocenă de la Suslăneşti. Şcoala de paleontologie clujană cunoaşte, în continuare, distinşi cercetători dintre care menţionăm pe O. Niţulescu şi O. Protescu.

Odată cu dezvoltarea învăţământului universitar românesc, la jumătatea secolului al XX-lea, studiile de paleontologie stratigrafică iau un mare avânt, oferind sectoarelor economice informaţii privind acumulările de substanţe minerale. În acelaşi timp, se dezvoltă studiile de paleontologie fundamentală, muzeele de profil din Bucureşti, Iaşi, Cluj-Napoca, Oradea, Craiova, Piatra Neamţ.

În învăţământul universitar, se introduc discipline paleontologice distincte precum: paleontologia nevertebratelor, paleontologia vertebratelor, micropaleontologia, paleobotanica, palinologia, paleoecologia şi, mai recent, paleobiologia.

După anul 1950, cele trei şcoli mari de paleontologie românească au continuat activitatea de învăţământ şi cercetare prin contribuţia strălucită a numeroşi profesori şi cercetători.

La Universitatea din Bucureşti au activat: M. Filipescu, Elisabeta Hanganu, Ioana Pană, N. Tătărâm, Gertrude Rado, Aurelia Bărbulescu, T. Neagu, O. Dragastan, D. Grigorescu.

La Universitatea din Iaşi: N. Macarovici, P. Jeanrenaud, Natalia Paghida-Trelea, Bica Ionesi, L. Ionesi, L. Olaru, C. Grasu, I. Turculeţ.

La Universitatea din Cluj-Napoca: I. Maxim, N. Meszaroş, N. Şuraru, Maria Şuraru, O. Clichici, I. Dragoş, A. Duşa, N. Florei, C. Ianoliu, E. Nicorici, J. Petrescu.

Pe lângă activitatea ştiinţifică realizată de universităţi, se adaugă şi rezultatele a numeroşi cercetători din institutele şi întreprinderile geologice, Institutul de Antropologie, Institutul de Arheologie, Institutul de Speologie sau muzeele de ştiinţe ale naturii din diferite oraşe.

Specializări în cadrul paleobiologiei

Paleobiologia vegetală (Paleobotanica) studiază plantele fosile. Primul savant care a tratat fosilele de plante din punct de vedere sistematic a fost Adolphe Brongniart (1801-1876). Paleobotanica, la rândul ei, a dezvoltat specializări cum este **paleopalinologia** care studiază polenul şi sporii fosili şi **dendrocronologia**, care se ocupă cu studiul inelelor arborilor fosilizaţi.

Paleobiologia animală (Paleozoologia) este paleontologia considerată în sens clasic, restrâns; se ocupă cu studiul fosilelor animale. O ramură deosebită prin importanţa ei este **paleoantropologia** care studiază originea şi evoluţia omului.

Micropaleontologia are ca obiect de studiu microorganismele fosile – alge (diatomee, cocolitoforidale etc.), protozoare sau metazoare, care sunt cunoscute datorită conservării scheletelor lor de natură minerală. Microfosile, dintre protozoare, au lăsat flagelatele, sarcodinele, ciliatele iar dintre metazoare, spongierii (spiculi), anelidele, unele moluşte, crustacee ostracode, echinodermele (resturi scheletice mici) şi peştii osoşi (otolite – concreţiuni calcaroase din interiorul organelor auditive şi de echilibru). Din această categorie fac parte şi *conodontele*, denticuli calcaroşi ce au aparţinut agnatelor primitive.

Paleoecologia se ocupă cu cercetarea şi reconstituiea modul de viaţă al plantelor şi animalelor fosile în cadrul habitatelor, ecosistemelor şi nişelor ecologice pe care le-au ocupat.

Organismele fosile au constituit în timpul vieţii lor o biocenoză (*paleocenoză*) care a ocupat un anume biotop (*paleobiotop*). În funcţie de factorii abiotici şi biotici, o paleocenoză este caracterizată printr-un raport cantitativ de specii: unele *predominante* (peste 50% din totalitate), altele *caracteristice* (peste 10%) iar altele *accidentale* (mai puţin de 10%).

Trebuie ştiut faptul că într-un depozit fosilifer nu se găsesc întodeauna organisme din aceeaşi biocenoză şi din acelaşi biotop; vieţuitoare care au trăit în biotopuri diferite, în urma unei morţi comune, pot fi acumulate şi fosilizate în acelaşi loc, constituind o *tanatocenoză* sau *tafocenoză* (gr. *thanatos* – moarte; *taphos* – mormânt; *koinosis* – care se asociază). În teren, rareori se întâlnesc paleocenoze; frecvent, se găsesc cuiburi fosilifere cu organisme care nu au aparţinut nici aceleiaşi paleocenoze şi nici n-au avut o moarte comună (nu constituie o tanatocenoză). Acumulările de fosile în care se găsesc şi resturi de la organisme care au continuat să trăiască (frunze de arbori, spori, polen etc.) se numesc *liptocenoze* (gr. *leipos* – rămas).

Analiza complexelor amintite şi studiul paleoecologic aduc lămuriri atât în ceea ce priveşte geneza sedimentelor cât şi a condiţiilor de viaţă existente într-un anumit timp geologic. Cercetările paleoecologice şi litologice, extinse pe orizontală (în spaţiu) şi pe verticală (în timp), pot explica probleme importante cu privire la evoluţia vieţuitoarelor, la litogeneză, facies, geneza unor minerale de origine organică, stratigrafie, paleogeografie etc.

Pentru corelarea diferitelor sedimente trebuie să se precizeze apartenenţa faunei sau florei la un anumit facies şi să se urmărească modificările pe care organismele le-au suferit în condiţiile schimbate ale mediului. Se cunosc astfel diferite faciesuri: coraligen, numulitic, microfaciesuri, palinofaciesuri etc. *Paleomediul* este reconstituit ţinându-se cont de condiţiile optime de dezvoltare ale organismelor fosile, prin comparaţie cu cele actuale, ca şi de condiţiile care au dus la creşterea, scăderea sau dispariţia indivizilor. În acest scop însă, cercetarea nu trebuie să se limiteze numai la stratul unde se găseşte o faună fosilă, ci trebuie să se extindă, prin comparaţie, şi la stratele cu care acesta alternează şi în care nu se mai găsesc organismele fosile pe care le urmărim. Procedând astfel, se pot stabili condiţiile care au favorizat dezvoltarea maximă ca şi cele care au dus la diminuarea numerică sau dispariţia unor forme sau a unei paleocenoze.

O analiză paleoecologică bazată numai pe fosile, fără o comparaţie cu formele actuale, poate să dea rezultate bune dacă se efectuează:

1. o analiză comparativă a paleocenozelor aparţinând la faciesuri diferite, dar *sincrone*;
2. o analiză comparativă a paleocenozelor diferite în conţinut, dar de facies identic, *heterocrone*;
3. o analiză comparativă a ecologiei unui grup sau a unei paleocenoze care a suportat variaţii ale condiţiilor de viaţă în timp.

Din aceste motive, cercetările paleoecologice nu trebuie să se rezume numai la un strat, ci la un întreg pachet de sedimente, studiate pe orizontală şi pe verticală.

Fosile de facies oferă informaţii despre temperatură, salinitate, adâncime, substrat etc. Acolo unde fosilele sunt numeroase, este posibil să se

calculeze abundența relativă a organismelor respective. Cunoașterea organismelor în mediul lor a permis, în unele cazuri, să se deducă activitatea și comportamentului lor (*paleoetologie*). Astfel, se poate cunoaște modul de hrănire, comportamentul de reproducere (paradele nupțiale, modul de acuplare, creșterea și îngrijirea puilor), cum se apărau de prădători, viața socială etc. Unii autori nu fac deosebire între termenii paleoecologie și paleobiologie.

Paleoichnologia se ocupă cu studiul urmelor fosilizate de pași (gr. *ichnos* – urmă). Cele mai celebre sunt urmele de pași ale reptilelor mesozoice. Acestea au oferit informații privind anatomia scheletului, postura corpului, modul și viteza de deplasare, organizarea socială, apărarea față de prădători. Există genuri definite numai după urme de pași, cum ar fi de exemplu *Cheirotherium* din Triasic, urmă pentadactilă care a aparținut, probabil, reptilelor tecodonte.

Fosilele și procesul de fosilizare

Fosilele reprezintă orice rest de origine organică, impresiune sau urmă a activității fiziologice ale organismelor din trecutul geologic, păstrate în sedimentele scoarței terestre (lat. *fossilis* – scos din pământ).

Fosilizarea constă în totalitatea proceselor fizico-chimice și biologice care au adus organismele după moarte în starea fosilă. Prin fosilizare, organismele trec din constituția biosferei în cea a litosferei. O primă condiție a fosilizării este înglobarea cât mai rapidă a organismelor după moarte în sedimente unde sunt ferite de acțiunea distructivă a agenților externi. O altă condiție este prezența elementelor scheletice tari, în special a celor de natură minerală. Cele mai bune condiții de fosilizare le oferă mediul marin sau lagunar. Organismele de uscat se pot fosiliza mult mai rar și aceasta numai atunci când au ajuns în anumite condiții favorabile conservării (gheață, asfalt natural, cenușă vulcanică, nămol, mâl, nisip uscat, loess, rășină etc.)

Fosilele cele mai vechi au circa 3,5 miliarde de ani iar cele mai noi circa 10000 de ani. Sub această limită resturile organice sunt în stare *subfosilă* (5-9000 de ani).

Fosilizarea este, în general, un fenomen rar deoarece procesele naturale se desfășoară în sensul recirculării materiei și nu conservării ei în anumite stări. Aproape toate animalele și plantele care mor sunt consumate sau descompuse în circuitul trofic al biocenozei.

Fosilizarea este legată de *procesul de sedimentare*, care are loc în mare și pe uscat, proces ce are ca rezultat formarea rocilor sedimentare. În căutarea pe teren a fosilelor, cunoașterea rocilor sedimentare este foarte importantă deoarece acestea pot include fosile. În procesul de formare a rocilor sedimentare se disting patru faze succesive, mai importante:

- dezagregarea şi alterarea rocilor preexistente sub acţiunea agenţilor fizici, chimici sau biologici (variaţii de temperatură, apă, vânt, gheaţă, organisme);

- transportul materialului dezagregat de către apă, vânt, gheţari;

- sedimentarea acestui material (în domeniul marin sau continental);

- consolidarea materialului sedimentat ca rocă sedimentară (proces numit *cimentare*).

Odată cu sedimentarea materialului dezagregat, resturile vieţuitoarelor moarte pot fi înglobate şi integrate structurii depozitului sedimentar.

O caracteristică a depozitelor sedimentare este dispunerea lor în *strate*. Stratele sunt depozite suprapuse de materiale formate din roci de constituţie omogenă care se dispun paralel, unele peste altele şi sunt mărginite de feţe plane ce marchează schimbări în condiţiile de sedimentare. Stratul se depune într-un interval de timp, în condiţii fizice esenţial constante (tip de climă, de eroziune etc). Stratele se formează, în general, în poziţie orizontală dar de puţine ori rămân în această poziţie, fiind deranjate de acţiunea a numeroase forţe interne care acţionează asupra scoarţei terestre (în esenţă generate de apropierea şi coliziunea plăcilor tectonice).

Stratificaţia rocilor se observă cu claritate în deschiderile naturale create de apele curgătoare, în unele peşteri, în mine sau cu ocazia forajelor şi a măsurătorilor geofizice. Rocile sedimentare care conţin fosile sunt de trei tipuri principale:

- roci sedimentare detritice, formate din particule erodate din alte roci şi aranjate în funcţie de mărimea lor; acestea pot fi necimentate (grohotiş, bolovăniş, pietriş, praf, mâl, cenuşă vulcanică) sau cimentate (breccie, gresie, argilă, marnă, loess, bauxită, tufuri vulcanice);

- roci sedimentare de precipitaţie fizico-chimică (evaporite: sarea, gipsul, tuful calcaros, calcarul oolitic, silexul);

- roci sedimentare organogene (biogene): acaustobiolite (care nu ard) – calcaroase – (calcare coraligene, lumaşeluri), silicioase (diatomit, radiolarit, spongolit); caustobiolite (care ard) – cărbuni, petrol, gaze naturale, asfalt, ozocherită, chihlimbar.

Suma tuturor caracterelor litologice şi paleontologice ce le prezintă un depozit sedimentar într-un punct oarecare constituie *faciesul* (lat. *facies* – înfăţişare) acelui depozit (după definiţia dată de E. Haug). Schimbarea condiţiilor de sedimentare atrage după sine schimbarea alcătuirii stratului, adică a faciesului. Legătura dintre tipul de facies şi tipul de asociaţie fosiliferă (biofacies) face posibilă reconstituirea condiţiilor de mediu (paleoecologia) timpurilor respective.

Moduri de fosilizare

În funcție de natura transformărilor suferite de organisme după moarte, se deosebesc mai multe moduri de fosilizare, foarte complexe, pe care din motive didactice le prezentăm separat.

1. ***Conservarea integrală (în stare inițială).*** Pentru ca un organism să-și poată păstra morfologia, structura și substanța inițială, el trebuie să ajungă imediat după moarte într-un mediu conservant (adesea o substanță higroscopică) în care se oprese toate procesele de descompunere. Acest mod de fosilizare constituie o excepție de la definiția fosilizării conform căreia fosilele au suferit transformări fizico-chimice profunde; resturile organice respective sunt considerate ca fosile avându-se în vedere vechimea lor mare. Exemple:

- *gheața (și solul înghețat)*, unde s-au descoperit (în Siberia, Alaska) exemplare de mamuți în „carne și oase", cu musculatură, blană, organe interne bine conservate. Pe asemenea fosile s-au putut face cele mai diferite studii: anatomice, histologice și chiar serologice;
- *sarea*: în mâlul sărat de pe țărmul lacului Callabona din Australia s-au conservat numeroase exemplare de *Diprotodon*, marsupial dispărut la începutul Holocenului;
- *ozocherita* (numită și ceară de pământ, ce ia naștere prin degazeificarea și oxidarea petrolurilor ușoare) a conservat integral un rinocer blănos din Pleistocenul de la Starunia (Ucraina);
- *asfaltul*: în lacul de asfalt de la Rancho la Brea (Los Angeles) s-a descoperit un adevărat cimitir de mamifere erbivore și carnivore și păsări răpitoare pleistocen – holocene, care s-au afundat în asfalt și apoi s-au conservat destul de bine;
- *turba*: cărbunele de turbă creează un mediu acid, antiseptic și poate conserva polen, fructe, semințe, insecte, mamifere etc;
- *chihlimbarul*, este o rășină fosilă ce aparține unei specii de pin din Terțiar (*Pinus succinifera*). În masa vâscoasă a rășinii s-au înglobat și s-au conservat perfect insecte, arahnide, miriapode, fructe, flori și chiar mici șopârle.

2. ***Mumifierea*** este conservarea realizată în nisip fierbinte în condiții de climă caldă și uscată, prin deshidratarea rapidă și completă a cadavrelor. Este cunoscut cazul unui dinosaur din Cretacicul Canadei (*Anatosaurus*) care a păstrat, alături de oase, resturi de mușchi, tendoane și piele, mumificate și apoi impregnate cu siliciu.

3. ***Incrustarea*** constă în acoperirea cu o crustă calcaroasă a resturilor organice situate în apele izvoarelor bicarbonatate și în bazinele lacustre. Carbonatul de calciu precipită în apă și se depune pe suprafața resturilor organice, formând mulaje externe sau tipare foarte fine. Rocile formate astfel sunt tufurile calcaroase și travertinele și conțin amprente de plante terestre, insecte, oase etc.

4. *Mineralizarea* constă în înlocuirea parțială sau totală a componenților chimici originali din alcătuirea elementelor scheletice ale organismelor cu alți compuși, mai stabili în condițiile de păstrare; mineralizarea are loc prin precipitare, în etapa de formare a rocilor fosilifere, a mineralelor din soluțiile care circulă prin porii și fisurile rocilor. Frecvent, substanța chimică originală este dizolvată și transportată în soluție, rezultând un mulaj extern sau înlocuită, moleculă cu moleculă, prin noua substanță chimică fără ca structura scheletică respectivă să fie deformată (proces numit *metasomatoză*). În funcție de calitatea substanței chimice substituente, procesele de mineralizare pot consta în calcitizări, silicifieri, fosfatizări, limonitizări etc., reprezentând înlocuirea conținutului celular cu carbonat de calciu, dioxid de siliciu, etc.

5. *Recristalizarea*, constă în înlocuirea moleculară a formei instabile a unei substanțe cristalizate polimorf cu forma ei stabilă. Spre deosebire de mineralizare, în acest caz, chimismul scheletelor nu se schimbă. Un exemplu este înlocuirea aragonitului – $CaCO_3$ cristalizat în sistemul rombic – prin calcit – $CaCO_3$ cristalizat trigonal (romboedric).

6. *Carbonificarea* (formarea de cărbuni). Diageneza materialului vegetal are loc în medii reducătoare, lipsite de oxigen și constă în descompunerea substanțelor celulozice de către bacteriile anaerobe și creșterea în conținut a carbonului prin eliminarea treptată a azotului, oxigenului și hidrogenului.

7. *Tipare (mulaje)* (Fig. 2). Prin dizolvarea cochiliilor în procesul diagenetic al sedimentelor, rămân imprimate în rocă tiparele suprafețelor externe sau interne. Tiparul (mulajul) intern (Fig. 3-A) are relief pozitiv, în timp ce tiparul extern (Fig. 3-B) are relief negativ în roca mamă. Dacă în golul apărut prin disoluția unei cochili, precipită o substanță minerală, rezultă o *pseudomorfoză* (*mulaj sculptat*) care reproduce scheletul inițial. Acest proces se deosebește de metasomatoză, care presupune înlocuirea treptată, la nivel molecular, a materialului scheletic original.

În numeroase cazuri, sub acțiunea presiunilor și tasărilor din interiorul stratelor, fosilele sunt supuse deformărilor plastice (*pelomorfoze*) în urma cărora cochiliile se fisurează și se sparg iar tiparele interne apar turtite și cu volumul micșorat.

8. *Impresiuni*. Uneori, se păstrează relieful părților moi ale corpului animalelor (meduze, viermi, insecte etc.) sau ale unor organe vegetale (frunze, scoarță, rădăcini etc.) imprimat pe roci fin granulate (Fig. 3-C).

9. *Urme de viață*. Sunt fosilizări ale urmelor unor activități fiziologice – hrănire, deplasare (Fig. 3-D), adăpostire.

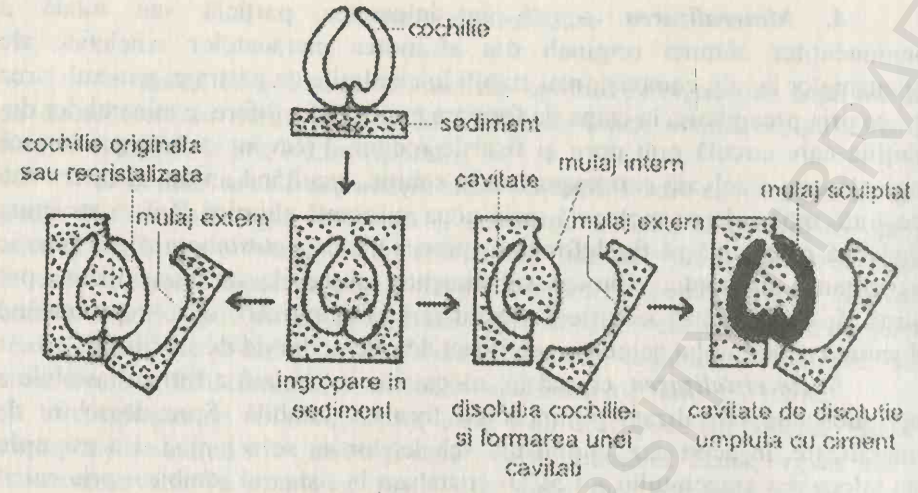


Fig. 2. **Fosilizarea prin formarea de mulaje**

Tot în rândul fosilelor sunt considerate ***gastrolitele***, pietre înghițite de unele păsări, reptile, mamifere acvatice, cu rolul de a ușura digestia mecanică; poziția lor indică locul unde se afla guşa sau stomacul măcinător al animalelor respective.

Coprolitele sunt excremente fosilizate. Au fost găsite coprolite de dinosauri şi chiar de plesiosauri (reptile marine mesozoice).

Pseudofosile. Recunoaşterea unei fosile se bazează pe experiența formată din comparații cu organismele actuale cunoscute, fiind, prin definiție, un proces indirect deoarece ființele respective au dispărut de mult timp. Uneori, se descoperă resturi, urme, care se raportează aparent la elemente biologice cunoscute, fiind, de fapt, asemănări întâmplătoare ale acestora, numite *pseudofosile*. De exemplu, ceea ce s-a descris ca fiind o bacterie din Precambrian – *Eozoon canadense* – s-a stabilit ulterior că reprezintă doar strate de calcită şi serpentină de origine, probabil, vulcanică. Prin trecerea mineralelor în soluție prin fisurile rocilor şi precipitarea lor, pot rezulta diferite forme geometrice cu organizare aparent biologică.

Asociații de fosile. Atunci când acumulările de fosile sunt considerabile, se pot identifica comunități întregi de organisme fosilizate – *paleobiocenoze*, cum este cazul recifelor fosile. Cunoaşterea acestora este, în general, problematică deoarece comunitățile pot fi fosilizate în alte paleobiotopuri sau se pot adăuga, în timp, peste ele, alte comunități. Stabilirea paleobiocenozelor autohtone se face pe baza studiilor biostratonomice.

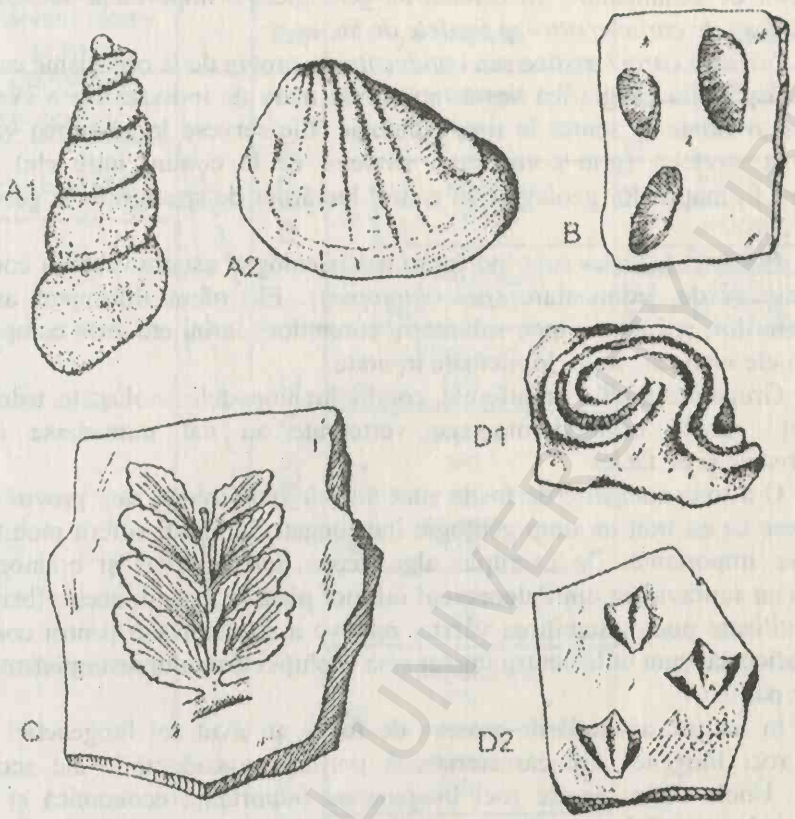


Fig. 3. **Moduri de fosilizare**

A – mulaje interne: A1 – mulaj intern de gastropod; A2 – mulaj intern de lamelibranhiat; B – mulaje externe de lamelibranhiate; C – impresiuni de frunze; D – urme fiziologice: D1 – urmă de târâre, vierme; D2 – urme de palmipede (după V. Barbu, 1968).

Importanța fosilelor

Importanța științifică a fosilelor, în vastul context al științelor vieții și ale Pământului, face ca paleobiologia să aibă legături cu științele conexe: geologia, biologia, geografia și chiar cu domenii de interes economic.

1. Importanța geologică

Prin obiectul ei de studiu – fosilele, paleobiologia este o știință biologică dar rezultatele ei sunt utile în descifrarea unor evenimente geologice, în stabilirea vârstei relative a formațiunilor sedimentare, precum și în precizarea

condițiilor de sedimentare. În cercetările geologice, o importanță deosebită o prezintă *fosilele caracteristice* și *fosilele de facies*.

Fosilele caracteristice sau *conducătoare* provin de la organisme care au avut o răspândire geografică vastă, un număr mare de indivizi dar o evoluție rapidă și o existență scurtă în timp geologic. Ele servesc la stabilirea vârstei relative a stratelor (prin comparația stratelor ce le conțin, între ele) și la corelarea formațiunilor geologice în cadrul lucrărilor de stratigrafie și geologie structurală.

Fosilele de facies sunt indicatori paleoecologici asupra vechilor condiții de mediu și de sedimentare (*paleobiotopuri*). Ele oferă informații asupra temperaturilor, adâncimii apei, salinității, curenților marini etc. prin comparații cu cerințele vitale ale formelor actuale înrudite.

Grupe precum foraminiferele, coralii, brahiopodele, moluștele, trilobiții, graptoliții, unele echinoderme sau vertebrate au dat numeroase fosile caracteristice și de facies.

O a treia categorie de fosile sunt *fosilele indiferente*, care provin de la organisme ce au trăit un timp geologic îndelungat, fără să fi suferit modificări evolutive importante. De exemplu alga verde *Botryococcus* și brahiopodul *Lingula* au supraviețuit din Paleozoicul inferior până în Actual; aceste fosile nu pot fi utilizate pentru stabilirea vârstei relative a stratelor sau pentru corelări stratigrafice dar sunt utile pentru înțelegerea evoluției grupului de organisme din care fac parte.

În natură, acumulările masive de fosile au avut rol litogenetic: s-au format roci biogene care caracterizează porțiuni considerabile ale scoarței terestre. Unele dintre aceste roci biogene au importanță economică și sunt prezentate la capitolul respectiv.

Paleobiologia are legături cu diferite discipline geologice precum biostratigrafia, geocronologia și biostratonomia.

Biostratigrafia, fondată prin studiile lui William Smith (1769-1839), se bazează pe principiul superpoziției stratelor și legea identificării stratelor pe bază de fosile. Stratele de același tip și aceeași vârstă, care conțin aceleași fosile, oferind aceleași condiții de conservare, se numesc *stratotipuri* – secvențe de roci și fosile cu care alte strate pot fi comparate. Fosilele pot fi, în consecință, necesare pentru pentru stabilirea *vârstei relative* a stratelor iar stratotipurile pentru *corelările stratigrafice* între formațiuni sedimentare situate la diferite distanțe geografice.

Cu ajutorul fosilelor, biostratigrafia a putut oferi dovada imensității timpului geologic, faptul că marile transformări ale suprafeței planetei noastre realizate sub acțiunea forțelor interne și externe, s-au derulat pe parcursul a sute de milioane de ani.

Geocronologia. Studiul fosilelor a permis separea timpului geologic în unități ierarhice și alcătuirea *scării geocronologice* (Fig. 4).

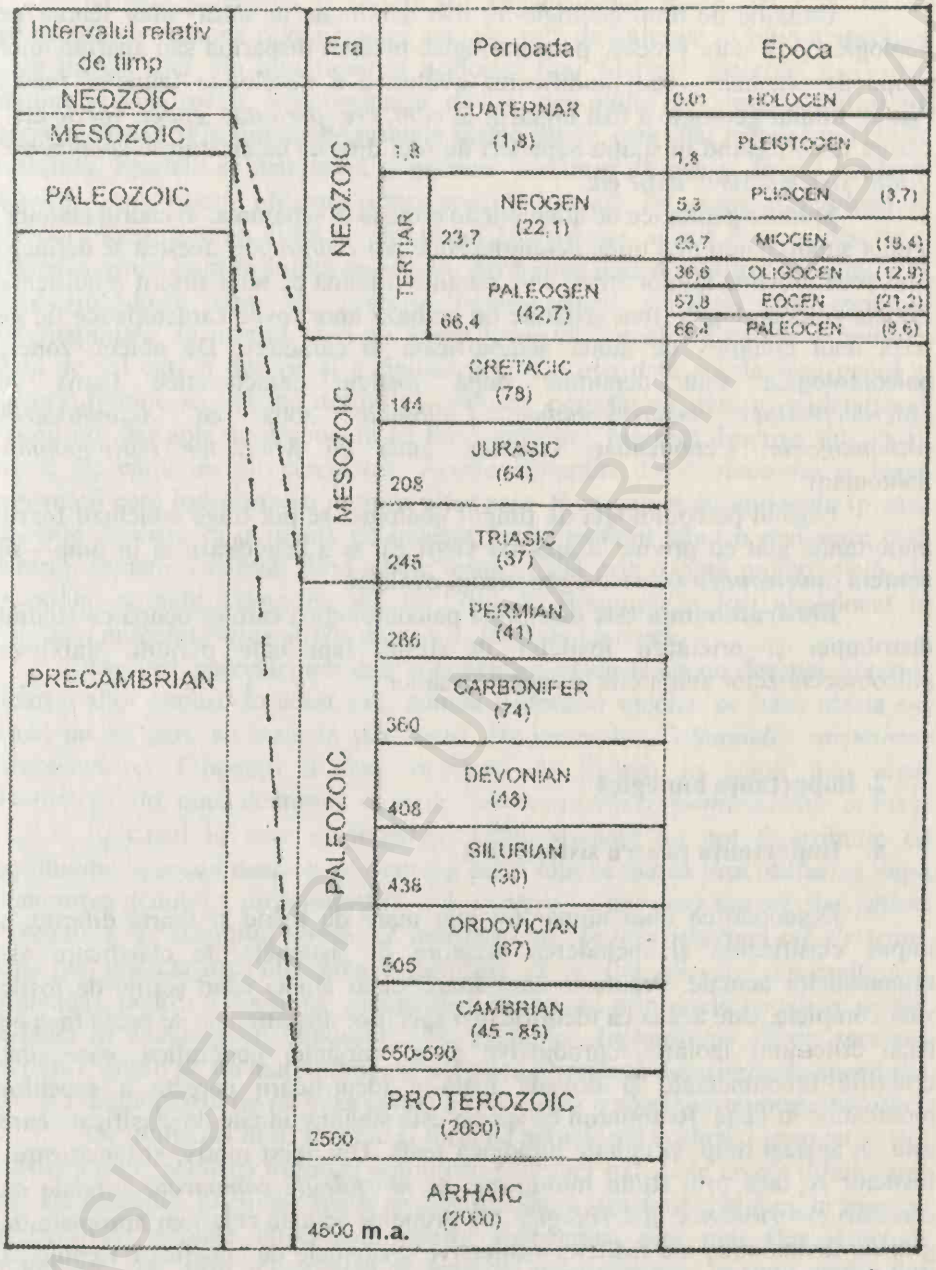


Fig. 4. **Scara geocronologică**
(cifrele din stânga rubricilor indică timpul, în milioane ani (m.a.), trecut de la începutul unității geocronologice respective iar cifrele dintre paranteze indică durata fiecărei unități geocronologice; după F. Harvey Pough et colab., 1996).

Unitățile de timp geologic au fost delimitate pe baza unor fenomene geologice și a unor procese paleobiologice precum dispariția sau apariția unor grupe de organisme sau modificarea evolutivă a florelor și faunelor fosile. Astfel, timpul geologic a fost împărțit în *eoni, ere, perioade, epoci, vârste* etc., cărora le corespund în spațiu depuneri de roci diferite ce alcătuiesc *eonotheme, grupe, sisteme, serii, etaje* etc.

Studiile geologice de amănunt au condus la separarea, în cadrul etajelor, a unor subdiviziuni mai mici, denumite *zone paleontologice*; acestea se definesc prin acea grosime a unor strate care conține o faună ce nu a suferit modificări. Zonele paleontologice sunt separate fie pe baza unor fosile caracteristice fie pe baza unui complex de faună nemodificată în caractere. De obicei, zonele paleontologice sunt denumite după fosilele caracteristice (zona cu *Macrocephalites macrocephalus*, Callovian; zona cu *Acanthoceras rothomagense*, Cenomanian superior; zona cu *Micraster coranguinum*, Santonian).

Legând paleobiologia de timpul geologic, se pot trage concluzii foarte importante, atât cu privire la apariția vieții cât și a dezvoltării ei în timp - se conferă *dimensiunea istorică* a procesului evolutiv.

Biostratonomia este disciplina paleontologică care se ocupă cu studiul distribuției și orientării fosilelor în strate, fapt care permite stabilirea paleobiocenozelor autohtone în cadrul stratelor.

2. Importanța biologică

a. Importanța pentru sistematică

Descoperirea unui număr tot mai mare de fosile și foarte diferite, a impus clasificarea și includerea acestora în sistemele de clasificare ale organismelor actuale. Problema care apare, chiar atunci când seriile de fosile sunt complete, este aceea că identificarea speciilor dispărute nu se poate face pe baza criteriului izolării reproductive și al variației geografice, care sunt criteriile fundamentale și dovada reală a identificării corecte a speciilor biparentale în viață. Reamintim că specia este singura unitate de clasificare care este, în același timp, și unitate biologică reală. Din acest motiv, sistematizarea fosilelor se face prin studii minuțioase de *morfologie comparată* corelate cu cercetări *embriologice* și *serologice* ale grupelor actuale cele mai apropiate de grupele taxonomice ale fosilelor respective. Sistemele de clasificare trebuie să fie *naturale*, bazate pe *originea comună* și *relațiile filogenetice* dintre formele respective. Clasificările artificiale, bazate pe asemănări datorate *convergenței adaptative* (*homeomorfii*), trebuie eliminate.

O altă problemă a clasificării organismelor fosile, cu care nu se confruntă sistematica organismelor actuale, este delimitarea în timp a speciilor care provin una din alta (aparţin aceleiaşi linii filetice). *Speciile succesive*, numite şi *paleospecii*, se delimitează, de cele mai multe ori, graţie golurilor din seria evolutivă şi în funcţie de primele forme găsite, care sunt luate ca puncte de referinţă. Fosilele se determină şi primesc denumiri de gen şi specie conform *nomenclaturii binare* utilizată pentru speciile în viaţă. De exemplu, *Diplodocus longus* Marsh este un dinosaur din genul *Diplodocus*, specia *longus*, descris şi introdus prima oară în ştiinţă de Marsh. Atribuirea unei denumiri taxonomice se face ţinându-se cont de *regulile nomenclaturii* stabilite prin congrese internaţionale, în primul rând de *legea priorităţii*, conform căreia denumirea dată de cel care a descris şi a figurat pentru prima dată specia (sau genul şi specia) trebuie să rămână definitivă. Adesea, cercetătorii descriu şi denumesc specii noi dar apoi se descoperă că forme identice fuseseră descrise sub un alt nume de către un alt cercetător. Aceste denumiri devin sinonime şi legea priorităţii cere îndepărtarea numirii ulterioare. Sunt cazuri excepţionale (pentru speciile descrise în perioada de început a sistematicii) când o denumire dată ulterior rămâne valabilă, fiind adânc înrădăcinată prin uzanţă preferenţială: de exemplu, numele *Camerina* dat în 1792 de Bruguière a fost abandonat în favoarea numelui *Nummulites*, descris în 1801 de Lamarck.

Deseori, cercetări noi duc la concluzia că unele specii descrise anterior aparţin altor genuri. În acest caz, numele autorului speciei, pe baza căreia s-a creat un alt gen, se scrie în paranteze. De exemplu, *Calpionella carpathica* Murgeanu et Filipescu a fost încadrată de Colom în genul nou creat *Tintinnopsella*; noua denumire se scrie: *Tintinnopsella carpathica* (Mur. et Fil.).

În cazul în care exemplarele fosile studiate nu pot fi atribuite cu certitudine la specii descrise şi figurate, acest fapt se indică prin utilizarea după denumirea genului a prescurtării *cf.* (lat. *confero* - a apropia) sau *aff.* (lat. *affinis* - înrudire); de exemplu, *Ostrea cf. multicostata*, *Anthracotherium aff. ilyricum*. Este mai corectă însă utilizarea prescurtării *ex gr.* (lat. *gregis* - din mulţimea, grămada), pentru a desemna exeplarele care numai prin unele caractere se pot încadra la unele specii cunoscute. De exemplu, *Ammodiscus ex gr. incertus* (d'Orb.). Studii pe un material bogat pot duce ulterior la descrierea de specii noi (*n. sp.*). Exemplarul tip pe baza căruia a fost creată o specie se numeşte *holotip*.

De multe ori însă, fosilele şi formele actuale ale aceluiaşi grup nu se pot clasifica după aceleaşi trăsături definitorii şi atunci sistemele create diferă între ele. De exemplu, bivalvele fosile se clasifică după structura cochiliei, în timp ce la bivalvele actuale importantă pentru sistematică este mai ales structura branhiilor. Dar, prin acumularea de material paleontologic, în timp, multe din aceste neajunsuri pot fi rezolvate. Cu toate că există aceste probleme, cunoaşterea fosilelor aduce informaţii suplimentare biologului neontolog.

Cu ajutorul fosilelor se poate urmări în sedimente succesive modificările adaptative treptate ale unei specii sau grup supraspecific. De asemenea, fosilele aparţin, de cele mai multe ori, unor organisme care completează golurile din sistemele de clasificare actuale.

Un aport esenţial al paleontologiei în sistematică constă în precizarea relaţiilor filogenetice şi elaborarea *clasificaţiilor verticale*. Aceste clasificaţii grupează alături speciile şi genurile care sunt situate în aceleaşi linii evolutive, dar au atins grade diferite de evoluţie, putând fi deci destul de diferite între ele. De exemplu, primele ecvide, care erau tetradactile şi apoi tridactile, nu se clasifică alături de tapiri, care au acelaşi număr de degete, ci împreună cu caii actuali monodactili, care sunt descendenţii lor direcţi.

Clasificaţiile orizontale grupează împreună specii şi genuri asemănătoare prin faptul că au atins aceeaşi treaptă de evoluţie dar aparţin unor linii filetice mai îndepărtate. Clasificaţiile verticale se realizează numai pe baza cunoaşterii fosilelor dintr-un macrotaxon monofiletic. Urmărindu-se caracterele filogenetice constante, se poate delimita şi defini un taxon superior mai bine decât dacă s-ar cunoaşte numai formele actuale.

Prin comparaţia dintre numărul de forme fosile dintr-un grup bine definit şi cel al formelor actuale, se poate constata dacă acel grup se află în plină dezvoltare sau în declin. Astfel, dacă n-am cunoaşte reptilele fosile nu am putea aprecia valoarea evolutivă a acestui grup de tetrapode numai pe baza formelor actuale, deoarece numărul şi diversitatea structurală ale formelor fosile sunt extraordinar de ridicate comparabil cu cele ale formelor actuale. Sau, de exemplu, brahiopodele actuale sunt reprezentate prin 7 familii cu 15 genuri, în timp ce în erele geologice au trăit peste 200 de genuri grupate în peste 35 de familii, cele mai multe dintre ele fiind caracteristice pentru Paleozoic. Din aceste exemple, rezultă că reptilele şi brahiopodele sunt în prezent în declin, comparativ cu timpurile geologice trecute.

Paleobiologia oferă sistematicii posibilitatea de a cunoaşte şi a clasifica organisme cu *caractere colective*, care reprezintă uneori noduri filogenetice. Amintim în acest caz genurile *Ichthyostega*, *Seymouria*, *Archaeopteryx*, pteridospermele, care au, fiecare, caractere comune a două clase; se cunosc însă, şi forme cu caractere intermediare între ordine, familii etc.

b. Importanţa pentru evoluţionism

Conform teoriei evoluţioniste, toate vieţuitoarele au o origine unică iar diversitatea lor se datorează dezvoltării în condiţii diferite şi în perioade mari de timp. Problema originii şi dezvoltării vieţii pe pământ a preocupat în toate timpurile pe unii naturalişti şi filozofi. Fără o bază ştiinţifică, această problemă a rămas multe secole nerezolvată. O primă teorie a fost cea *fixităţii şi invariabilităţii speciilor* susţinută, printre alţii, de Carol Linné în secolul al

XVII-lea. Conform acestei teorii, speciile au fost create de Divinitate şi numărul lor, în esenţă, nu se schimbă. Totuşi, Linne admitea o creştere a numărului speciilor prin încrucişări şi chiar sub influenţa unor factori locali de mediu. Georges Cuvier, care era un mare paleontolog, pentru a putea explica succesiunile faunistice în stratele fosilifere, fără a intra în contradicţie cu concepţia fixităţii speciilor, a admis *teoria catastrofelor*. Aceste catastrofe, reprezentate de marile prefaceri ale scoarţei terestre (ridicări de munţi, transgresiuni şi regresiuni marine, scufundări de terenuri pe suprafeţe întinse), au dus la distrugerea totală sau parţială a organismelor existente în acel moment. Aceste distrugeri au fost urmate de repopulări prin migraţie din alte regiuni neafectate sau prin noi creaţii de organisme deosebite de cele anterioare. Catastrofismul secolelor al XVII-lea şi al XVIII-lea a fost o teorie neştiinţifică, ca şi fixismul, deoarece explicaţiile trebuiau să concorde în primul rând cu dogmele religioase, singurele considerate în măsură să ofere un mecanism al transformărilor din lumea vie.

Teoria opusă fixismului este teoria ştiinţifică a *transformismului*, conform căreia speciile descind unele din altele prin transformări gradate. Precursori de seamă ai transformismului au fost savanţi precum Buffon (1707-1778) şi Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844). Teoria transformistă este elaborată în detaliu de savantul francez J. B. Lamarck (1744-1829), care considera că speciile nu sunt stabile, ci descind unele din altele transformându-se sub influenţa directă mediului. Lamarck a încercat să elaboreze o teorie a adaptării, adaptarea fiind esenţa transformării speciilor. Prin legea uzului sau neuzului unor organe şi transmiterea ereditară a caracterelor dobândite sub influenţa directă a mediului, Lamarck a reuşit să lege transformarea speciilor de transformările mediului şi nevoia de adaptare. Pentru el, fosilele reprezintă etape ale unei asemenea transformări. Abia prin *teoria selecţiei naturale* şi a luptei pentru existenţă fundamentată de Charles Darwin (1809-1882), teoria transformistă devine *evoluţionistă*. Mediul nu intervine direct asupra caracterelor indivizilor ci acţionează selectiv la nivel de populaţie. În acest mod, mecanismul transformării speciilor nu mai este un proces mecanicist ca în viziunea lamarckismului, ci un proces statistico-probabilistic prin care indivizii unei populaţii, legaţi între ei prin reproducerea sexuată, se adaptează o dată cu populaţia, în ansamblu, şi se transformă o dată cu ea. Acest proces este evoluţia. Ulterior, darwinismul se va dezvolta pe baza aportului geneticii, fără a-şi pierde însă fundamentul ştiinţific. Selecţia realizată de mediu este în acelaşi timp influenţată de factori genetici spontani (mutaţiile). În cadrul concepţiei darwiniste, triumfătoare la mijlocul secolului al XIX-lea, fosilele erau considerate ca resturi ale unor vieţuitoare din alte timpuri geologice care au dispărut din imposibilitatea de a se adapta sau care au fost forme intermediare ce au dat naştere speciilor actuale.

Aprofundarea ideii de evoluție a permis biologului german Ernst Haeckel (1834-1919) să elaboreze concepția de *filogenie*, adică legăturile de rudenie atât dintre specii cât și dintre unitățile supraspecifice. Fără studiul fosilelor, filogenia s-ar stabili numai pe baza cercetărilor comparate de morfologie și embriologie. Fosilele oferă însă teoriei evoluționiste dovada concretă cea mai relevantă a evoluției speciilor.

Știința evoluției materiei viului se folosește de dovezile paleontologice în argumentațiile sale și, la rândul său, oferă paleobiologiei modele logice de înțelegere a diferitelor adaptări rezultate din analiza fosilelor și o interpretare sistemică și în perspectivă istorică a datelor disparate disponibile. De exemplu, datele oferite științei de Cuvier, adept al teoriei catastrofelor și fixismului, au fost mult mai relevante și prețioase pentru paleobiologie atunci când au fost prezentate în conformitate cu punctele de vedere ale teoriei evoluționiste. Paleobiologia este astăzi o știință evoluționistă.

Explicarea procesului evolutiv. Cunoștințele despre fosile au oferit un vast material în sprijinul ideii de evoluție. Încă din perioada predarwinistă, progresele făcute în descrierea și reconstituirea fosilelor au pregătit argumentația și triumful teoriei evoluționiste. Deși resturile fosile sunt cu mult mai puține decât multitudinea speciilor de plante și animale care au trăit în decursul imensului timp geologic, totuși ele sunt suficiente, și uneori chiar abundente, spre a permite urmărirea strânsă a procesului evolutiv. Fiind unele dintre cele mai concludente dovezi ale evoluției, fosilele au permis biologilor să tragă câteva concluzii semnificative:

1. În decursul timpului geologic se produce o anumită *succesiune* de forme, de la cele cu planul de organizare primitiv și simplu, spre forme cu organizare tot mai complexă.

2. Se constată o *diversificare* treptată a formelor de viață pe calea radiațiilor adaptative, pornindu-se de la strămoși comuni.

3. Fiecare perioadă geologică se caracterizează printr-un *complex* de forme vegetale și animale, fapt care indică o succesiune a complexelor floristice și faunistice.

4. Urmărind ritmul apariției unităților taxonomice de diferite ranguri și durata existenței lor în cadrul diferitelor grupe sistematice, se constată că *viteza (ritmul) evoluției* devine tot mai accelerată pe măsură ce ne apropiem de epoca actuală (Fig. 5). Viteza evoluției unui grup oarecare poate fi apreciată după numărul de noi unități sistematice diferențiate în cadrul grupului dat într-un interval anumit de timp. Dinamica evoluției reflectă succesul adaptativ al diferitelor grupe evolutive și *rolul factorilor interni și externi* în organizarea sistemelor bioecologice.

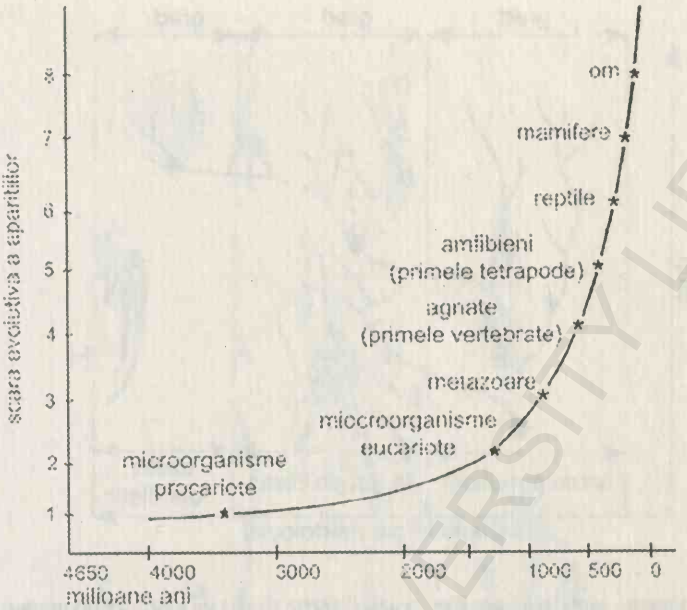


Fig. 5. **Creşterea accelerată a vitezei de evoluţie pe parcursul timpului geologic** (după D. Grigorescu, 1980).

5. Succesiunile de fosile ajută la înţelegerea *modurilor de evoluţie*, adică aspectele care leagă adaptarea la nivel populaţional de apariţia taxonilor superiori (macrotaxoni). Astfel, se poate vorbi despre *evoluţia divergentă* (*cladogeneza*), *evoluţia filetică (anageneza)* sau alte moduri de interpretare a evoluţiei. Studiul *macroevoluţiei* – al formării taxonilor superiori – permite *alcătuirea arborilor filogenetici (filogenia)* şi stabilirea valorii taxonomice a acestora în funcţie de *modelul filogenetic* realizat (Fig. 6).

Macrotaxonul care are un strămoş unic dar care nu include toţi descendenţii acestuia se numeşte *parafiletic* (de exemplu Clasa Reptilia). Macrotaxonul care are un strămoş comun şi include toţi descendenţii acestuia este *monofiletic* (de exemplu Ordinul Proboscidea). În sfârşit, macrotaxonul care provine din mai mulţi strămoşi, mai mult sau mai puţin înrudiţi între ei, este numit *polifiletic*. Sistematica se străduieşte să nu creeze clasificări care să includă taxoni polifiletici, nenaturali. De exemplu, în vechiul taxon Pachidermata erau incluse mamifere mari cu „piele tare": elefantul, rinocerul şi hipopotamul. Astăzi se ştie că aceste mamifere au strămoşi diferiţi şi aparţin la ordine diferite. Pentru a se evita aceste clasificări, trebuie să se ţină cont de *formele de evoluţie*, precum *evoluţia convergentă* şi *evoluţia paralelă*. Înţelegerea acestor forme de evoluţie presupune distincţia dintre *organele omoloage* şi *organele analoage* – distincţie făcută, în spiritul concepţiei lui Cuvier, prima oară de R. Owen.

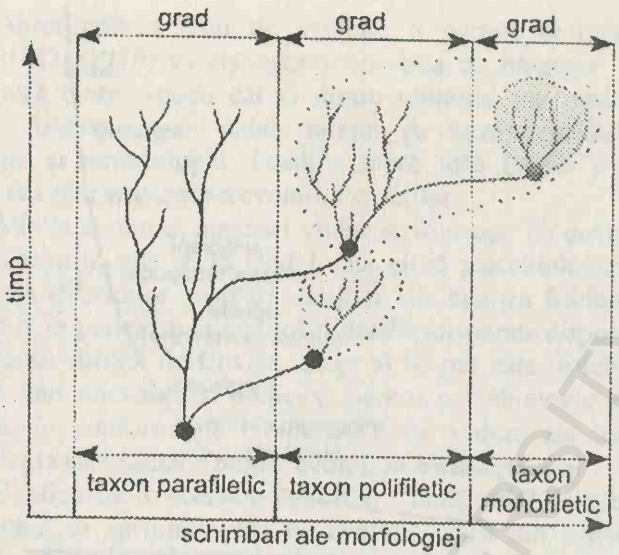


Fig. 6. **Filogenie ipotetică care ilustrează diferite tipuri de grupări taxonomice**: cele trei coloane reprezintă niveluri (grade) ale schimbărilor morfologice față de stadiul inițial (după P. Shelton, 1993).

Organele omoloage (Fig. 7) au aceeași funcție și aparțin aceluiași plan unitar fundamental de organizare. De exemplu, mâna omului, membrul anterior al crocodilului, aripa păsării și înotătoarea pectorală a peștilor etc. sunt organe omoloage, toate aceste animale fiind gnatostomate.

Organele analoage (Fig. 8) au aceeași funcție dar aparțin la planuri fundamentale diferite de organizare. De exemplu, aripa de la insecte și aripa de la păsări sunt organe analoage.

Evoluția convergentă este procesul prin care două sau mai multe grupuri de organisme neînrudite, îndepărtate filogenetic, realizează caractere adaptative externe (morfofiziologice) asemănătoare în condiții de mediu similare. Convergența vizează structuri *neomoloage* care dobândesc funcții identice; convergența afectează numai anumite caractere. De exemplu, tetrapodele care s-au adaptat la viața marină au devenit pisciforme: ihtiosaurii, dintre reptile, sau cetaceele, dintre mamifere.

Evoluția paralelă afectează întregul organism și apare la grupe apropiate filogenetic care au realizat transformări adaptative de ansamblu asemănătoare (modificări identice ale *organelor omoloage*), prin vieţuirea în același mediu de viață. De exemplu, tipul crocodiliform a fost realizat de două direcții evolutive desprinse din reptilele tecodonte primitive: fitosaurii (tecodonte amfibii) și crocodilienii propriu-ziși.

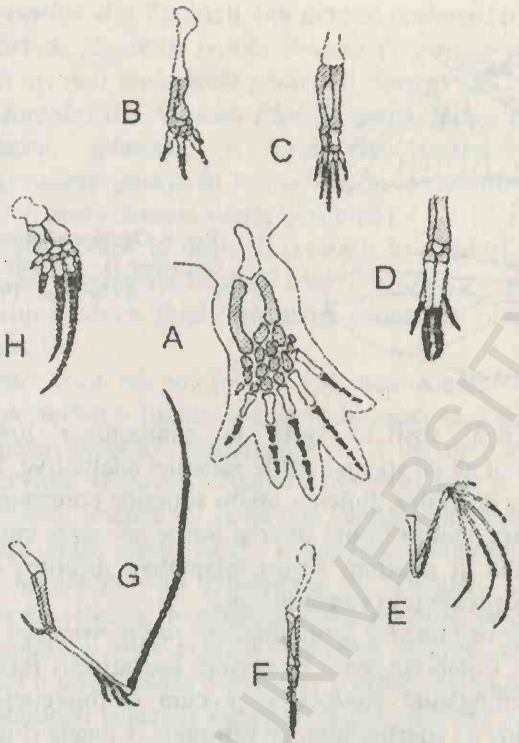


Fig. 7. **Organe omoloage** – membrul anterior la tetrapode: A – planul general al membrului la tetrapode; B – salamandră; C – crocodil; D – porc; E – liliac; F – pasăre; G – pterosaur; H – cetaceu (după Kämpfe, 1985, modificat).

Pentru reconstituirea *filogeniei*, un rol important îl au fosilele ce aparţin *formelor intermediare* sau *nodurilor filogenetice*. Astfel, descoperirea, în 1861, a primei păsări cunoscute – *Archaeopteryx* – care prezintă numeroase caractere reptiliene (mai exact dinosauriene) dar şi aviene, a constituit un argument decisiv în favoarea ideii de evoluţie.

6. Fosilele, prin numărul şi diversitatea lor, demonstrează *rolul adaptării în evoluţie*. Organismele cu structuri eficiente au dăinuit mai mult timp şi dispariţia lor este legată de competiţia strânsă cu forme care aveau necesităţi similare sau de modul cum mediul extern le-a afectat activitatea. În acest sens, sugestive sunt seriile fosile ale ecvidelor care arată transformările concordante ale dentiţiei (creşterea înălţimii coroanei dentare), ale aparatului locomotor (reducerea numărului de degete) şi creşterea generală a taliei, transformări care au avut o singură finalitate: adaptarea la un alt mediu – spaţiile deschise înierbate, care prezentau alt tip de vegetaţie, alte erbivore concurente şi alţi prădători.

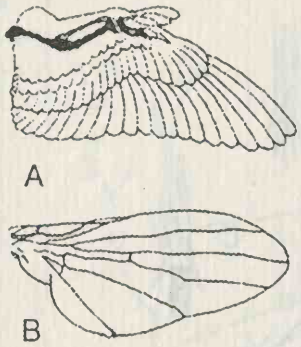


Fig. 8. **Organe analoage**: A – aripă de pasăre; B – aripă de insectă (după P. Shelton, 1993).

De asemenea, fosilele ajută la cunoaşterea *tipologiei* grupelor sistematice, reprezentată de specializările radiaţiei adaptative. Se constată că, în general, majoritatea speciilor dintr-un taxon superior corespunde unei „norme" morfologice; în afara acestor tipuri, apar şi *forme aberante* care se abat mult de la tipologia grupului şi prezintă valori adaptative diferite. Apariţia tipurilor aberante poate fi explicată prin cauze diferite:

- *planuri de organizare larg adaptate, puţin evoluate*: este cazul multor forme aberante din Cambrian, care reprezintă specializări fără viitor, dificil de încadrat într-o încrengătură cunoscută, precum *Hallucigenia* şi *Opabinia* – anelide sau artropode ce aparţin faunei de Burgess, Canada (Fig. 9-A-B). Aceste forme aberante au apărut în procesul selectiv de conturare a planurilor de organizare a încrengăturilor.

- *încercări nereuşite de cucerire a noi medii de viaţă*: aducem ca exemplu încercarea nereuşită de adaptare la viaţa marină a mamiferelor din Ordinul *Desmostylia*, care au trăit în Miocen. Un gen dintre acestea, *Palaeoparadoxia*, avea corpul masiv, ca de hipopotam, sprijinit pe labe ca de focă, craniu ca de cal şi incisivi alungiţi ca la primii proboscidieni. Aceste mamifere nu au găsit o soluţie de viitor în încercarea de adaptare la viaţa marină aşa cum a fost cazul cetaceelor sau al pinipedelor;

- *supraspecializări:* Pe această cale au apărut tipuri cu succes evolutiv diferit, de la caz la caz; totuşi, în cazul unor schimbări mai importante şi de lungă durată survenite în condiţiile mediului de viaţă, formele supraspecializate au şanse reduse de adaptare şi supravieţuire. Citãm cazul pahiodontelor aberante (bivalve mesozoice recifale precum *Hippurites* din Cretacicul superior), brahiopodelor recifale aberante din Permian (*Richthofenia*) - aceste două cazuri reprezentând o aberanţă bazată pe convergenţă (atât hipuriţii cât şi richthofeniile au formă de cornet); în această categorie intră, de asemenea, amonoideele cretacice aberante derulate (*Macroscaphites*) sau înrulate în mai multe plane (*Turrilites, Nipponites* etc.), echinul *Stethacanthus* din Carbonifer (cu o proeminenţă bizară în spatele capului, lăţită terminal şi prevăzută cu spini),

amfibianul *Diplocaulus*, din Permian, (cu craniul prelungit mult lateral și înapoi în forma unui vârf de săgeată), reptila triasică *Tanystrophaeus* (cu gâtul mult alungit – de două ori mai mult decât trunchiul, format din vertebre exagerat de alungite), mastodontidul din Miocen *Platybelodon* (fără o trompă veritabilă și cu fălcile alungite, aplatizate și late) sau perisodactilul din Miocen *Chalicotherium* (prezintă gheare în loc de copite iar membrele anterioare mult alungite îi conferă o postură semierectă, goriloidă).

Gigantismul, apărut în urma dezvoltării în condiții favorabile de viață timp îndelungat, este interpretat în cazul multor grupe ca o *supraspecializare* ce premerge declinului evolutiv final (dinosauri, ihtiosauri, plesiosauri, pterosauri, amoniți, insecte etc.)

Specializări care își pot pierde valoarea adaptativă, fără a fi totuși aberante, sunt *hiperteliile* – organe exagerat de mari care devin, la un moment dat al evoluției, dezavantajoase organismului. Ca exemple menționăm coarnele gigantice de la cervidul *Megaceros*, caninii superiori de la felinele *Machairodus* și *Smilodon*, defensele imense de la mamut, coada păunului actual etc. Aceste dezvoltări organice arată faptul că o specializare unilaterală exagerată a unor organe conduce la antagonism funcțional, la scăderea valorii adaptative a speciei și la creșterea riscului de extincție. Mecanismele de apariție a organelor hipertelice, inadaptative, sunt explicate fie prin selecția sexuală, fie printr-o creștere alometrică a unor organe codificate genetic împreună cu caractere utile (pleiotropie) și acțiunea selecției naturale care a selectat același caracter util, fără existența în mediu a semnalelor de oprire. Aceste probleme sunt încă dezbătute de biologi.

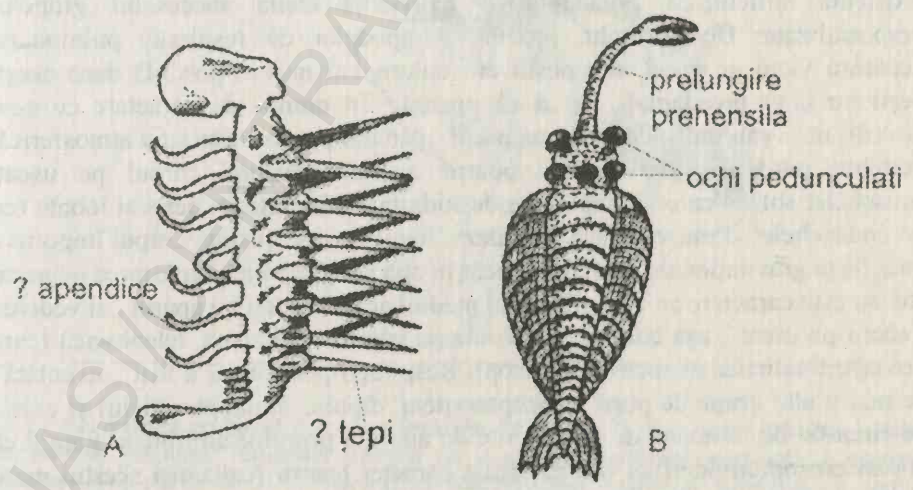


Fig 9. **Tipuri morfologice aberante din Cambrian**, situate probabil la limita dintre anelide și artropode: A – *Hallucigenia*; B – *Opabinia* (bazat pe D. Norman, 1994).

Importanța fosilelor în asemenea cazuri este deosebită. Ele ajută la realizarea imaginii de ansamblu a evoluției, la stabilirea sensului unei căi adaptative și la înțelegerea posibilităților de transformare adaptativă a unei structuri, atunci când există suficient de mult timp și circumstanțe ecologice la dispoziție (*plasticitatea adaptativă și evolutivă*).

7. Documentele paleontologice au permis evidențierea *rolului izolării geografice în evoluție*, în realizarea *evoluțiilor echivalente*. Astfel, izolarea geografică a mamiferelor terțiare din cele două Americi a condus la apariția de forme (placentare și marsupiale) contemporane echivalente ecologic și, uneori, chiar asemănătoare morfologic (Fig. 10). De asemenea, izolarea marsupialelor în Australia de restul continentelor a condus la apariția de forme echivalente morfologic și ecologic cu placentarele: erbivore, de talie mică și mare, carnivore, de talie mică și mare, specii arboricole, specii de spațiu deschis etc.

8. Un alt fenomen evolutiv, cunoscut pe baza cercetării fosilelor, se referă la *înlocuirile ecologice* pe parcursul evoluției. Astfel, extincțiile majore sau în masă, au favorizat apariția formelor ecologice echivalente, necontemporane. De exemplu, după dispariția marilor reptile mezozoice erbivore și carnivore, locul lor a fost ocupat, în nișe asemănătoare, de forme ecologice echivalente de păsări și mamifere neozoice. Înlocuirile de grupe taxonomice mari, echivalente ecologic, reprezintă o trăsătură a evoluției legată de perfecționarea permanentă a formelor de viață (Fig. 11).

9. O importanță biologică a fosilelor constă în înțelegerea, cu ajutorul acestora, a marilor „salturi" evolutive, adică trecerea de la un plan fundamental de organizare la altul. În acest proces, un rol esențial îl are *preadaptarea*. Existența structurilor preadaptative reprezintă cheia succesului grupelor nespecializate. De exemplu, apariția tetrapodelor cu respirație pulmonară, necesară vieții pe uscat, din pești crosopterigieni nu era posibilă dacă acești pești nu erau preadaptați, adică să prezinte un număr de caractere ce s-au dovedit utile sau indispensabile pe uscat: plămâni pentru respirația atmosferică, vertebre puternice arcocentrice pentru a putea susține corpul pe uscat, exoschelet solzos care să împiedice deshidratarea, înotătoare perechi lobate (cu un endoschelet și musculatură bine dezvoltate) care să susțină corpul împotriva unei forțe gravitaționale mai mari decât în apă și să permită deplasarea pe uscat etc. Aceste caractere au fost utile și în mediul acvatic și nu au apărut „în vederea trecerii pe uscat", așa cum prezintă situația gândirea finalistă, teleologică (care privește finalitatea adaptativă ca scop). Respirația pulmonară a fost „inventată" de mai multe grupe de pești (crosopterigieni, dipnoi, brahiopterigieni) și există cu circa 60 de milioane de ani înainte de apariția primilor amfibieni. Faptul că numai crosopterigienii au utilizat acest caracter pentru realizarea acestui mare „salt" evolutiv ține de circumstanțele evoluției. De aici rezultă că o structură adaptativă prezintă o utilitate concretă și un număr de utilități posibile, numite *valențe adaptative*. Cu cât numărul valențelor adaptative este mai mare cu atât

şansa unei noi adaptări sau cucerirea unui nou mediu de viaţă sunt mai mari. La rolul preadaptării şi al valenţelor adaptative în evoluţie se adaugă şi *rolul factorilor de mediu extern* care trebuie să determine sau să favorizeze procesul adaptativ (în exemplul dat, creşterea ariilor continentale şi uscarea climei din Devonian).

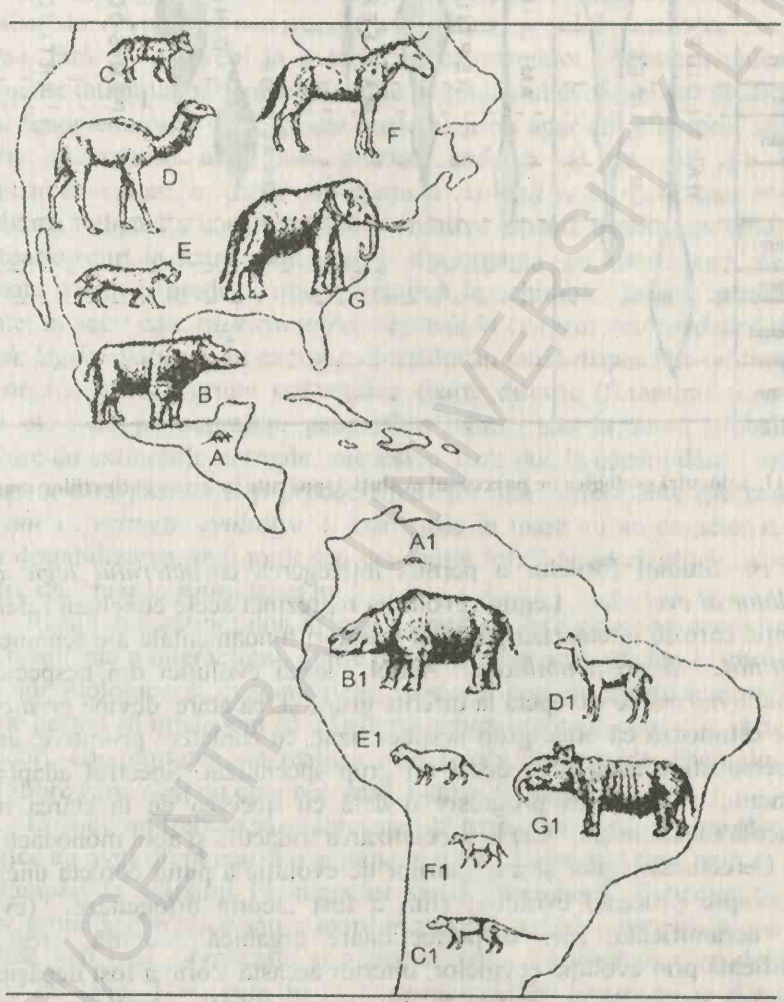


Fig. 10. **Echivalenţa evolutivă** între mamiferele din America de Nord şi America de Sud izolate geografic pe parcursul Terţiarului (însoţită de o relativă asemănare morfologică): şoareci placentari (A) şi marsupiali (A1); rinocer (B) şi notoungulatul *Toxodon* (B1); felină (C) şi „tigrul marsupial *Thylacosmilus* (C1); cămilă (D) şi litopternul asemănător cămilelor *Theosodon* (D1); lup (E) şi „lup marsupial" (E1); cal (F) şi litopternul asemănător cailor *Thoatherium* (F1); elefant (G) şi pirother (G1); toate animalele sunt figurate la aceeaşi scară (după R. May, cu modificări).

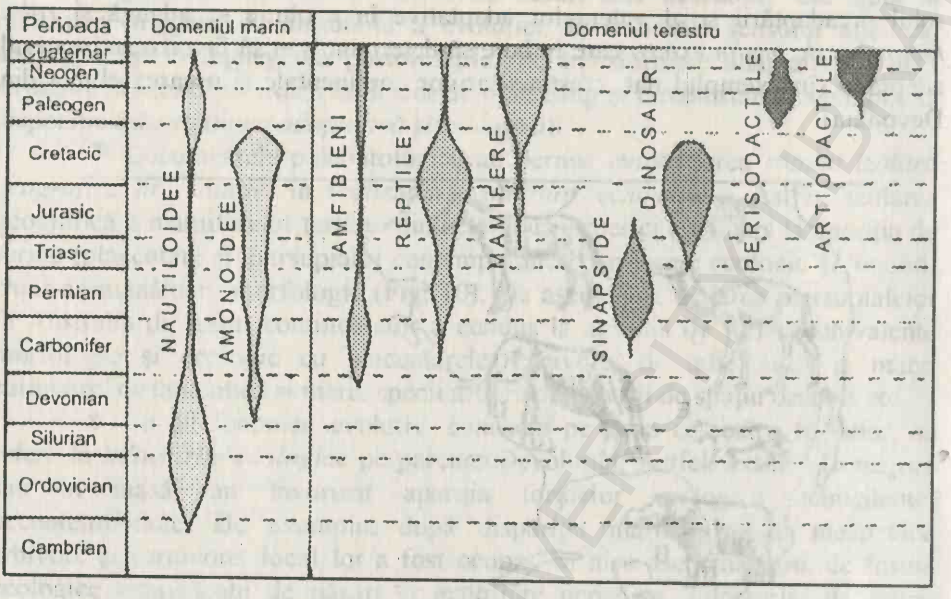


Fig. 11. **Înlocuiri ecologice pe parcursul evoluției, apărute în urma extincțiilor masive**

10. Studiul fosilelor a permis înțelegerea *caracterului legic dar și întâmplător al evoluției*. „Legile" evoluției reprezintă acele concluzii referitoare la evoluție care se întemeiază pe două trăsături fundamentale ale fenomenelor: *repetabilitatea* și *predictibilitatea*. Astfel, „legea evoluției din nespecializat" constituie o *normă* ce se repetă la diferite grupe și, ca atare, devine *predictibilă*, adică se estimează că orice grup nespecializat, cu caractere primitive, are mai multe perspective adaptative decât un grup specializat. Spectrul adaptativ al perisodactilelor s-a redus progresiv o dată cu trecerea de la starea inițială pentadactilă (a strămoșilor lor) la specializarea tridactilă și apoi monodactilă.

Cercetarea legilor și a modurilor de evoluție a putut corecta unele idei greșite despre procesul evolutiv, cum a fost „teoria ortogenezei" (evoluția filetică, neramificată, spre o perfecționare organică anumită, crescândă). Exemplificată prin evoluția ecvidelor, ulterior această teorie a fost depășită prin descoperirea de fosile ce aparțin la numeroase radiații adaptative colaterale ortoevoluției clasice. Totodată, s-a înțeles *rolul finalității în evoluție*. Evoluția merge spre forme necesar adaptate (este *teleonomică*) din nevoia menținerii permanente a echilibrului cu mediul de viață dar nu are ca scop realizarea de structuri mai complexe (adică să fie teleologică). Astfel, s-a putut înțelege problema *progresului biologic* care se poate realiza și prin „involuții" adică

evoluții regresive dacă acestea asigură perpetuarea și supraviețuirea speciilor (cum este cazul evoluției prin parazitism de exemplu).

Referitor la *caracterul întâmplător al evoluției*, cercetările ultimilor ani au făcut progrese deosebite. Astfel, dacă genetica a arătat rolul micilor accidente (mutațiile) în procesul microevolutiv (intraspecific), rol care se poate evalua statistic și probabilistic, aceste accidente fiind incluse în schema mecanismului evolutiv, mai recent s-a admis și rolul macroaccidentelor în evoluție, fără a se reveni la o teorie a catastrofelor. Aceste accidente sunt evenimente întâmplătoare nepredictibile în contextul evoluției dar predictibile în spațiul fenomenologic din care iau naștere, și nu apar din interiorul sistemului evolutiv. Asemenea accidente, precum căderea de asteroizi pe Pământ, vulcanism accentuat, ar putea să fie cauza *extincțiilor în masă* care constau în schimbarea radicală a componentelor evolutive (specii, condiții externe) într-un timp foarte scurt la scară geologică, în discordanță cu orice „lege" evolutivă. Nu poate exista o predispoziție adaptativă la schimbări bruște, profunde sau violente; în acest caz, *supraviețuirea depinde în cea mai mare măsură de șansă și nu de legile evoluției*. În cadrul extincțiilor în masă dispar într-un timp foarte scurt organisme din grupe sistematice foarte diferite (foraminifere, moluște, reptile etc.) de pe suprafețe geografice întinse sau la scară globală. Spre deosebire de extincțiile normale, succesive, care duc la consolidarea sistemului evolutiv și care păstrează și produc tipuri tot mai performante (pe care le-am putea numi *„extincții evolutive"*), extincțiile în masă au un caracter radical și duc la destabilizarea, mai mult sau mai puțin totală și neselectivă a sistemului evolutiv sau chiar la suprimarea lui.

Rezultatul extincțiilor în masă arată că, privită *retrospectiv*, evoluția este o rezultantă a interacțiunii dintre procesele guvernate de legile intrinseci ale sistemelor biologice și evenimentele extraevolutive cu efecte majore. Aceste fapte ne permit să înțelegem ce înseamnă *continuitatea în evoluție*, să acceptăm că, uneori, continuitatea s-a realizat prin soluții radicale de discontinuitate și dezechilibre care, deși nu erau necesare, puteau fi finale.

De aici, nu trebuie să se înțeleagă că toate marile succesiuni floristice și faunistice au avut drept cauză o acțiune majoră catastrofică (așa cum se pare că s-a întâmplat la sfârșitul Permianului sau Cretacicului). Extincția treptată a marilor grupe sistematice sau a marilor asociații ecosistemice și înlocuirea lor cu forme mai bine organizate și adaptate, este o necesitate care dobândește caracter de lege. Dar, cum toate evenimentele biologice au o determinare statistico-probabilistică, există și excepții de la legea succesiunilor istorice floristice și faunistice: „fosilele vii". Acestea sunt organisme care, păstrând echilibrul cu mediul, nu au suportat efectele succesiunii de grupe sistematice și (sau) ecologice. De exemplu, gimnospermele actuale *Cycas, Ginkgo, Araucaria, Metasequoia* aparțin florelor mesozoice, brahiopodul *Lingula* este aproape neschimbat din Ordovician, bivalvul *Nucula* este cunoscut din Silurian,

crinoidul *Metacrinus*, crosopterigianul *Latimeria chalumnae* ca şi reptila *Sphenodon punctatum*, aparţin faunei mesozoice. De asemenea, unele grupe, precum onicoforele, pycnogonidele, xifosurele, monoplacoforele sau arheogastropodele, au semnificaţia unor fosile vii în fauna actuală.

c. Importanţa pentru explicarea unor aspecte de biologie a individului şi de ecologie

Cercetarea fosilelor a permis reconstituirea morfologiei, a unor aspecte funcţionale şi ecologice ale unor organisme dispărute în timpurile geologice. Studiile de morfologie au evidenţiat chiar şi cazuri de *dimorfism sexual* la vertebrate şi la unele nevertebrate (amoniţi). Un aspect deosebit de important l-a reprezentat *reconstituirea posturii* normale, fiziologice, a corpului. În funcţie de postură se apreciază modul de locomoţie şi, ulterior, întregul mod de viaţă (hrănire, reproducere, apărare) şi tipul de metabolism (ectoterm sau endoterm) aşa cum s-a demonstrat în cazul dinosaurilor. Urmele fosilizate de paşi şi cuiburile de ouă fosilizate au permis reconstituirea vieţii dinosaurilor şi schimbarea întregii imagini formate anterior despre ei.

Documentele paleontologice au oferit informaţii despre *relaţiile dintre specii* cum ar fi *prădătorismul* şi *parazitismul*. Relaţii pradă – prădător au fost evidenţiate între diferite specii de reptile (ornithopodul *Tenontosaurus* şi theropodul *Deinonychus* etc.), mamifere (cranii de oreodonţi cu urme de dinţi de *Hyaenodon* etc.), reptile şi peşti (mosasauri răniţi de rechini), amoniţi şi reptile (cochilii de amoniţi cu urme ale dinţilor de mosasauri) etc.

Relaţii de parazitism au fost descoperite atât în lumea vegetală cât şi în animală. Astfel, cercetările paleobotanice au consemnat existenţa de ciuperci parazite pe arborii pădurilor din Paleozoicul superior, vechi de 280 de milioane de ani. Ciuperci parazite sau saprofite au fost identificate şi în conexiune cu fosilele unor arbori terţiari din Oligocen (Transilvania) sau cu cele ale frunzelor de foioase de climat temperat-cald din Pliocenul superior (Borsec). Chiar şi polenul fosil prezintă malformaţii cauzate de parazitare. În chihlimbarul de pe litoralul baltic s-au găsit fosile de purecі (insecte ectoparazite) din Terţiar. De asemenea, în blana mamuţilor şi rinocerilor blănoşi, s-au găsit purecі mumificaţi (*Neohematopinus*) care parazitau marile mamifere cuaternare.

Cercetarea fosilelor unor vertebrate şi chiar nevertebrate a pus în evidenţă urmele unor *boli şi suferinţe* ale acestor animale, fapte care au deschis perspectiva unei noi specializări paleobiologice – *paleopatologia*. Astfel, schelete ale urşilor de peşteră prezintă urme de inflamaţii, fracturi şi chiar calculi renali de până la 5,60 cm lungime şi 150 g greutate. Maladii congenitale, degenerative sau infecţioase, traumatisme s-au pus în evidenţă şi pe schelete neolitice umane. Patologia dentară relevă afecţiuni degenerative la oamenii fosili şi chiar la australopiteci. Fracturi vindecate, urme de infecţii osoase s-au

descoperit şi la schelete de dinosauri (*Allosaurus*). Chiar la peşti paleozoici s-au identificat afecţiuni bacteriene degenerative ale solzilor. De asemenea, unii trilobiţi din Paleozoicul inferior prezintă deformări patologice ale corpului – urme ale celor mai vechi boli cunoscute pe scara geocronologică.

3. Importanţa paleogeografică

Un domeniu în care fosilele au adus argumente dintre cele mai ferme este *paleogeografia*. Cercetarea configuraţiei continentelor şi oceanelor din trecutul geologic a realizat un progres capital o dată cu elaborarea unei teorii unitare care să explice toate fenomenele geologice de suprafaţă sau de adâncime care au dus la apariţia actualelor forme de relief. Această teorie, numită *teoria tectonicii plăcilor* (sau *tectonica globală*), elaborată în anii '60 ai secolului al XX-lea, arată că la baza proceselor tectonice stau mişcările divergente laterale ale plăcilor litosferice, pe suprafaţa circumferinţei Globului terestru. Teoria tectonicii globale a fost fundamentată pe concepţia mai veche a „teoriei derivei continentelor", elaborată, în esenţă, de meteorologul german Alfred Wegener la începutul secolului al XX-lea. Această teorie, cu semnificaţie comparabilă cu cea a darwinismului în biologie, susţine ipoteza *expansiunii fundului oceanic* prin acţiunea forţelor *curenţilor de convecţie* din manta. Această expansiune explică formarea de noi oceane, *„deriva"* (translaţia laterală) a plăcilor care poartă continente şi *subducţia* crustei oceanice în fose. La limita dintre plăcile tectonice, materialul din mantaua superioară iese permanent prin deschideri ale scoarţei terestre numite *rifturi*; acest material ajuns la suprafaţă se consolidează, formând o nouă crustă oceanică. Această crustă nouă împinge lateral crusta oceanică existentă care va pătrunde fie sub crusta continentală (mai groasă dar cu densitate mai redusă), fie sub altă crustă oceanică, proces numit *subducţie* (Fig. 12). În dreptul zonelor de subducţie, se formează *fosele oceanice* – locurile cele mai adânci ale oceanelor. Crusta oceanică subdusă se va topi în final şi va antrena un proces de vulcanism periferic; totodată ea imprimă plăcilor vecine forţe ce determină deplasarea laterală („deriva") acestora. Prin subducţia din dreptul foselor, se consumă echivalentul de crustă oceanică neoformată în rifturile dorsalelor medio-oceanice.

Conform acestei teorii, acum circa 245 de milioane de ani, la sfârşitul Permianului şi începutul Triasicului, exista un supercontinent, Pangaea, şi un singur ocean, Panthalassa. Fragmentarea Pangaeei şi „deriva" continentelor au avut ca rezultat actuala configuraţie geografică a Globului. Teoria a fost confirmată, graţie studiilor de paleomagnetism, geologie structurală etc. dar şi cu ajutorul dovezilor paleontologice. Astfel, flora cu *Glossopteris*, gimnosperm primitiv de climă rece, este întâlnită în stare fosilă în America de Sud, Africa de Sud, Madagascar, India, Australia, Antarctida, adică în zone foarte îndepărtate

şi despărţite de oceane astăzi dar care, la sfârşitul Paleozoicului, erau unite în cadrul supercontinentului Gondwana – partea sudică a Pangaeei.

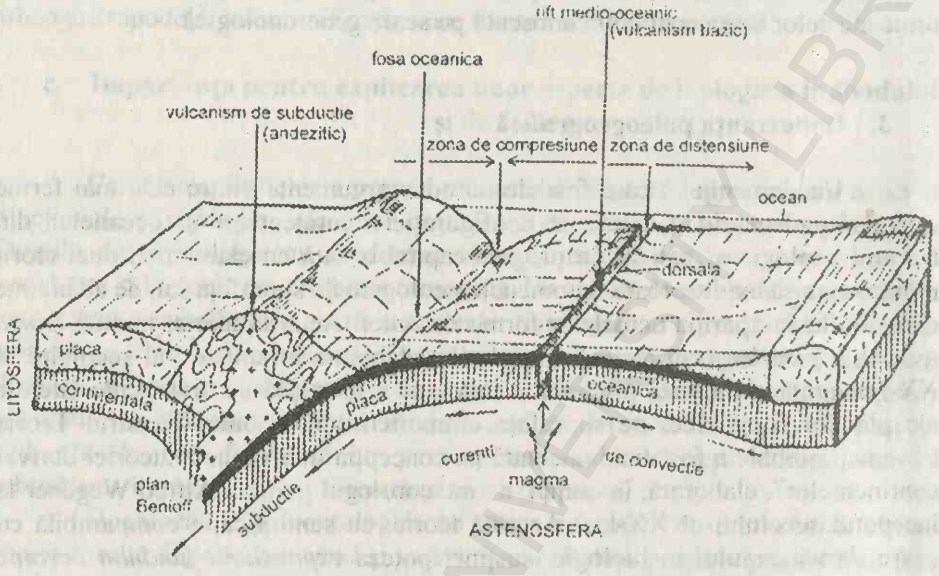


Fig. 12. **Subducţia unei plăci oceanice sub o placă continentală** (după S. R. Dietz, 1972 cu modificări, din C. Grasu, 1997).

O distribuţie asemănătoare florei cu *Glossopteris*, o prezintă diverse reptile de la sfârşitul Paleozoicului şi începutul Mesozoicului care ocupau spaţii vaste ale uscatului pangeic (Fig. 13). Exemplele de acest fel sunt destul de numeroase. Dacă continentele nu ar fi fost supuse derivei plăcilor litosferice, atunci vieţuirea aceleaşi specii în continente atât de îndepărtate astăzi ar rămâne un mister. Wegener a calculat statistic, pe vârste geologice, elementele faunistice comune între diverse uscaturi. A rezultat că, până în Triasic, există o perfectă concordanţă între tipurile de fosile, apoi apar divergenţe, în diferite etape: între America de Sud şi Europa, în Jurasic; între Africa şi America de Sud, în Cretacic; între Madagascar şi India, în Eocen. Aşadar, în Triasic lipsa divergenţelor floristice şi faunistice arată că fragmentele de uscat erau încă unite iar evoluţia prin izolare încă nu se declanşase la scară continentală. Cunoştinţele despre asociaţiile de fosile sunt necesare pentru înţelegerea compoziţiei actualelor provincii floristice şi faunistice precum şi a menţinerii până în zilele noastre a faunelor şi florelor cu caractere vechi sau cu caractere relictare.

Dintre disciplinele geografice, paleobiologia are legături cu paleoclimatologia şi paleobiogeografia.

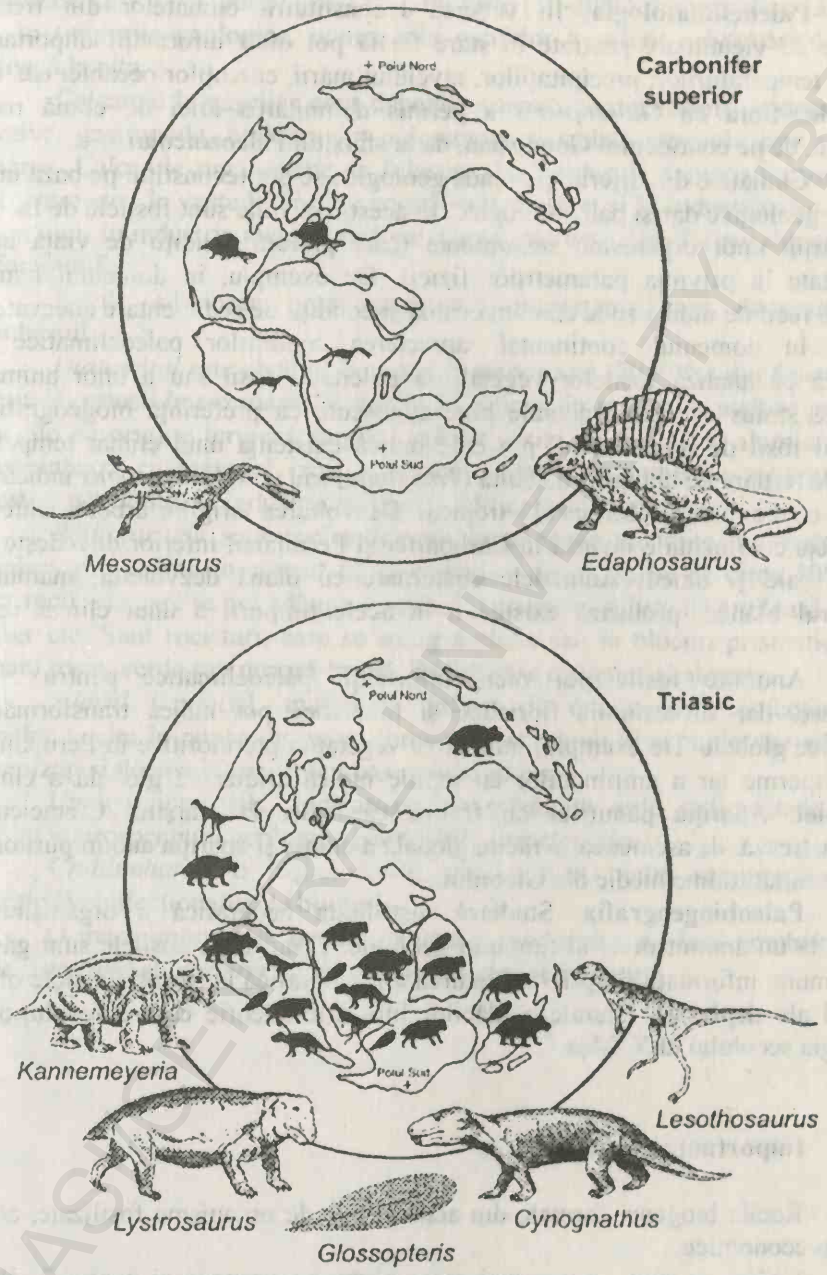


Fig. 13. **Dovezi paleontologice ale existenței supercontinentului Pangaea** la începutul Mesozoicului și ale derivei continentelor (bazat pe D. Norman, 1994, cu completări).

Paleoclimatologia. În vederea reconstituirii climatelor din trecut, tipurile de vieţuitoare păstrate în stare fosilă pot oferi informaţii importante asupra temperaturilor, precipitaţiilor, nivelului mării, curenţilor oceanici etc. De exemplu, flora cu *Glossopteris* a permis delimitarea ariei de climă rece, glaciară, de pe continentul Gondwana, de la sfârşitul Paleozoicului.

Climatele din diferite perioade geologice se pot reconstitui pe baza unor dovezi geologice dar şi paleobiologice. În acest caz, utile sunt fosilele de facies, ce aparţin unor organisme stenobionte (care preferă condiţii de viaţă bine delimitate în privinţa parametrilor fizici). De exemplu, în domeniul marin, fosilele recifale indică zone de climă caldă şi condiţii de sedimentare adecvate.

În domeniul continental, aprecierea condiţiilor paleoclimatice se bazează pe analiza fosilelor vegetale, a polenului fosil sau a unor animale înrudite strâns cu forme actuale bine cunoscute ca preferinţă biogeografică. Polenul fosil de brad, molid, pin etc., indică existenţa unui climat temperat. Fosilele terţiare de chiparos de baltă (*Taxodium*) sau de *Glyptostrobus* indică un climat cald şi umed subtropical - tropical. Dezvoltarea ferigilor arborescente pe suprafeţe continentale imense în Carbonifer şi Permianul inferior dovedeşte un climat cald şi umed. Animalele cuaternare cu blană dezvoltată, mamutul, rinocerul blănos, probează existenţa, în acele timpuri, a unui climat rece, glaciar.

Anumite fosile pot oferi informaţii paleoclimatice pentru zone restrânse, dar succesiunile floristice şi faunistice pot indica transformările climatice globale. De exemplu, înlocuirea vegetaţiei pteridofitice în Permian cu gimnosperme iar a amfibienilor cu reptile indică aridizarea globală a climei uscatului. Apariţia pădurilor cu frunze căzătoare la sfârşitul Cretacicului demonstrează, de asemenea, o răcire globală a climei şi apariţia anotimpurilor în zonele cu latitudine medie ale Globului.

Paleobiogeografia. Studiază distribuţia geografică a organismelor fosile, la un anumit nivel al timpului geologic. Locul unde fosilele sunt găsite oferă multe informaţii despre răspândirea lor geografică în trecut. Fosilele oferă dovezi ale deplasării laterale a plăcilor litosferice, teorie care a revoluţionat geologia secolului al XX-lea.

4. Importanţa economică

Rocile biogene, formate din acumulările de organisme fosilizate, au şi utilităţi economice.

Calcarele sunt, în cea mai mare parte, organogene şi conţin 75-90% $CaCO_3$. Aceste calcare se formează prin depunerea diferitelor resturi de origine vegetală şi animală în anumite zone de sedimentare. Calcarele recifale, de exemplu, sunt constituite pe seama următoarelor tipuri de organisme: alge

calcaroase (25-50%), corali (10-35%), moluşte (10-20%), foraminifere (3-15%) etc. În timpurile geologice, compoziţia recifelor a suferit schimbări de la o perioadă la alta.

Calcarele lumaşelice sunt depozite constituite din resturi de organisme (bivalve, gastropode, brahiopode) aglomerate şi sudate între ele prin ciment calcaros. Calcarele organogene se folosesc, în funcţie de compoziţie, mod de prezentare etc., în vaste lucrări de construcţie, precum şi în industria chimică, a cimentului, în industria metalurgică etc. Creta este un calcar format din cochilii de foraminifere.

Rocile silicioase organogene mai importante sunt diatomitul şi radiolaritul.

Diatomitul este alcătuit în cea mai mare parte (70-80%) din frustule de diatomee, prinse într-o masă de dioxid de siliciu; în rest, sunt incluse granule minerale de origine terigenă (argile, calcare, oxizi de fier şi de aluminiu). Se întrebuinţează ca material izolant, abraziv, filtrant în industria zahărului, în industria petrolului, în industria textilă, la fabricarea dinamitei etc.

Radiolaritele sunt roci silicioase organogene alcătuite din testuri de radiolari, prinse într-un ciment de calcedonie – în proporţie de circa 50% din masa rocii – la care se pot adăuga spiculi de spongieri, substanţă argiloasă, oxizi de fier etc. Sunt roci tari, care se sparg aşchios sau în blocuri prismatice, de culoare roşie, verde sau neagră-brună. Se folosesc ca material abraziv.

Silexul (*cremea*), materialul folosit de om pentru confecţionarea primelor unelte în epoca de piatră, provine din spiculi ai spongierilor silicioşi diagenizaţi şi depuşi în roci calcaroase sau argiloase.

Unele microfosile, indicatoare de substanţe utile sedimentare, sunt folosite în prospecţiuni geologice (sunt fosile caracteristice).

Chihlimbarul, o răşină fosilă, este socotit piatră semipreţioasă şi serveşte la confecţionarea de bijuterii.

O mare importanţă pentru societatea modernă o au însă combustibilii fosili – *petrolul* şi *cărbunii* – inclusiv produsele lor accesorii.

II. ELEMENTE DE PALEOBIOLOGIE VEGETALĂ

Paleobiologia vegetală sau **paleobotanica** are ca obiect de studiu plantele care au existat de-a lungul erelor geologice. Cunoaşterea plantelor fosile prezintă o deosebită importanţă teoretică şi practică. Astfel, prin descoperirea unor grupe de plante dispărute, cu caractere colective, se poate evidenţia evoluţia de la formele inferioare şi primitive spre cele superioare şi evoluate şi, totodată, se completează arborele filogenetic vegetal cu grupele formelor intermediare.

Studierea plantelor fosile este necesară pentru lămurirea unor probleme ca: stabilirea zonelor biostratigrafice, alcătuirea unor scări fitostratigrafice, stabilirea vârstei relative a stratelor, precizări de paleomedii, indicaţii paleoclimatice şi paleogeografice etc. Prin acumularea lor, plantele vechi au contribuit la formarea diferitelor depozite de fosfaţi, calcare, hidrocarburi şi, mai ales, zăcăminte de cărbuni. Paleobotanica, în contextul ştiinţelor paleobiologice, oferă argumente valoroase în sprijinul teoriei evoluţioniste.

Etape ale evoluţiei regnului vegetal şi clasificarea lui

Problema clasificării organismelor vii în regnuri ca şi problema definirii şi clasificării Regnului vegetal sunt încă dezbătute de specialişti. În scop didactic, pentru o mai uşoară înţelegere a problemelor, deosebim trei mari etape în evoluţia plantelor: *protofitele*, *talofitele* şi *cormofitele*.

Protofitele constituie etapa evoluţiei la nivel *unicelular* a plantelor. Ele sunt reprezentate de:

- *procariote* – protofite inferioare, heterotrofe sau autotrofe, fără nucleu diferenţiat, amitotice şi ameiotice. Ele cuprind bacteriile şi algele albastre şi
- *eucariote* – protofite superioare, autotrofe (alge) sau heterotrofe (fungi), cu nucleu diferenţiat şi organite celulare specializate, mitotice şi meiotice.

Precizăm că deosebirile dintre protofite şi protozoare sunt, uneori, foarte mici, ceea ce explică originea lor comună.

Talofitele sunt plante *pluricelulare* care se caracterizează prin prezenţa unui corp vegetativ numit *tal*. Din punct de vedere morfologic, talul este nediferenţiat în rădăcină, tulpină şi frunze iar din punct de vedere anatomic este lipsit de cilindrul central.

Organul sexual femel al majorității talofitelor este *oogonul*, de obicei unicelular, iar cel mascul este *anteridia*. Din punct de vedere evolutiv și organizatoric, talofitele se pot împărți în două categorii:

- *prototalofite*, care includ organisme unicelulare reprezentate prin agregate de celule ce fac trecerea spre plantele pluricelulare adevărate: *cenobii* și *colonii*.
- *eutalofite*, care cuprind organisme cu organizare pluricelulară avansată, autotrofe (alge, licheni, unii mușchi) sau heterotrofe (ciuperci). La unele eutalofite apar diferențieri tisulare.

Marea majoritate a protofitelor și talofitelor duc viață acvatică.

Cormofitele, spre deosebire de talofite, se caracterizează printr-un corp vegetativ sporofitic diferențiat morfologic în rădăcină, tulpină și frunze, numit *corm*. Cormul prezintă țesuturi conducătoare, liberiene și lemnoase, grupate într-un *cilindru central* numit și *stel*.

Organul de reproducere femel, pluricelular, este numit *arhegon* iar în urma diviziunii zigotului rezultă *embrionul*. Etapa cormofitelor se poate împărți în două subetape:

- cea a *embriofitelor asifonogame*, la care fecundația nu necesită dezvoltarea unui tub polinic (pteridofite și unele gimnosperme) și
- cea a *embriofitelor sifonogame*, la care fecundația presupune dezvoltarea unui tub polinic (unele gimnosperme și angiosperme). La acestea din urmă, se dezvoltă un organ nou, *sămânța*, care se formează din ovul, după fecundație, aceasta incluzând *embrionul*; pentru acest motiv ele se mai numesc și *spermatofite* (gr. *sperma* - sămânță; *phyton* - plantă). Se mai numesc și *antofite* deoarece organele de reproducere se dispun în floare (gr. *anthos* - floare) iar denumirea de *fanerogame* se referă la faptul că florea este mare, ușor vizibilă cu ochiul liber (gr. *phaneros* - aparent, vizibil). Cormofitele sunt plante primar terestre.

O poziție intermediară între talofite și cormofite o prezintă mușchii (Bryophyta) care dezvoltă un aparat vegetativ gametofitic cu aspect taloidic sau cormoidic, fără vase conducătoare, dar cu organe sexuale de tipul arhegoanelor și anteridiilor. Prin aceste caractere din urmă, briofitele se apropie de embriofitele asifonogame (pteridofite). Talofitele împreună cu cormofitele constituie marele grup al plantelor pluricelulare sau *metafite*.

În funcție de marile planuri de organizare și de nivelurile evolutive atinse, precum și din motive de ordin didactic, Regnul Plantae se clasifică în 6 subregnuri: Procaryobionta, Phycobionta, Mycobionta, Lichenobionta, Bryobionta și Cormobionta. Precizăm însă că procariotele și eucariotele ar trebui să reprezinte taxoni de rang egal.

Subregnul PROCARYOBIONTA

Cuprinde organisme microscopice, cu o structură celulară simplă, fără un nucleu individualizat (este lipsit de membrană nucleară).

În acest subregn sunt cuprinse două încrengături: Bacteriophyta şi Cyanophyta.

Încrengătura BACTERIOPHYTA

Bacteriile sunt organisme unicelulare procariote, în general lipsite de clorofilă, heterotrofe sau chimioautotrofe, răspândite în toate mediile: apă, sol, aer. Unele sunt aerobe, care folosesc oxigenul din atmosferă şi anaerobe, cele care obţin oxigenul printr-un proces de descompunere a diferitelor substanţe organice şi minerale. Se înmulţesc prin diviziune directă sau prin spori de rezistenţă. Celulele bacteriene pot avea formă rotundă (coci), de bastonaş (bacili), spirală (spirili) sau de virgulă (vibrioni) (Fig. 14-A).

Bacteriile fosile se pot clasifica mai ales după tipul de depozit pe care l-au generat, în următoarele grupe:

- *Nitrobacterii* – au proprietatea de a oxida amoniacul din sol sau acidul azotos. Genul actual *Nitromonas* a fost întâlnit şi în depozite de vârstă miocenă şi pliocenă.

- *Feribacterii* – au proprietatea de a transforma combinaţiile feroase şi manganoase în combinaţii complexe ferice. Au fost semnalate în zăcăminte de fier din Precambrianul mediu (*Siderococcus, Siderocapsa*), Carbonifer şi perioade mai noi (*Galionella*, Fig. 14-D), *Leptothrix*.

- *Tiobacterii* – sunt bacterii sulfuroase care se dezvoltă în ape bogate în H_2S. Au participat la formarea unor acumulări de sulf din Permian, Oligocen şi Miocen (*Sulfomonas, Thiothrix*).

- *Fosfobacterii* – au proprietatea de a elabora fosfor, ca urmare a procesului de reducere a acidului fosforic conţinut în apa mării (*Micrococcus*), (Fig. 14-B).

- *Calcibacterii* – au capacitatea de a depune carbonatul de calciu, mai ales sub formă de aragonit (*Pseudomonas*). Aceste bacterii participă la formarea mâlurilor calcaroase marine.

- *Bacterii saprofite* – specializate în descompunerea substanţelor organice au fost evidenţiate pe ţesuturi vegetale fosilizate din Carbonifer şi Permian (*Micrococcus hymenophagus, Bacillus tieghemi* - Fig. 14-C). Bacteriile saprofite au favorizat procesul de formare a cărbunilor şi hidrocarburilor.

Studiile de geomicrobiologie au pus în evidenţă influenţa diferitelor microorganisme şi mai ales a bacteriilor asupra mineralelor. Datorită unor

procese complexe, bacteriile au proprietatea de a concentra elemente rare: uraniu, aur.

Filogenia bacteriilor. Bacteriile sunt cele mai simple forme de viață, apărute în Arhaic. După modul lor de nutriție, cele mai primitive bacterii se consideră că ar fi cele chimiotrofe, din care au evoluat cele saprofite, apoi cele parazite și cele fototrofe. Bacteriile se aseamănă, prin structura lor generală, cu cyanofitele cu care ar fi avut un strămoș comun. De asemenea, ele ar fi legate de ciupercile inferioare prin intermediul actinomicetelor. Mixobacteriile ar fi apropiate filogenetic de mixomicete.

Încrengătura CYANOPHYTA

Cianofitele sau *algele albastre* sunt procariote solitare sau coloniale care prezintă pigmentul clorofilian, mascat de un pigment albastru – *ficocianina* (la care se mai adaugă și *ficoeritrina*). Coloniile pot avea formă sferică, globuloasă, lamelară sau filamentoasă. Se înmulțesc prin diviziune directă, mai rar prin spori de rezistență.

Ca fosile, se cunosc din Arhaic (-3400 m.a.), mai ales sub formă de *stromatolite* (gr. *stroma* - strat; *lithos* - piatră) – resturi ale activității vitale a cianofitelor. Stromatolitele sunt construcții calcaroase de formă discoidală, ovoidală sau tubulară produse de algele albastre care aveau proprietatea de a precipita carbonatul de calciu din apă. Stromatolitele prezintă o microstratificație extrem de fină la interior, fiecare microstrat, ondulat, reprezintă produsul activității diurne a coloniei. Stromatolitele sunt cele mai comune structuri biogene din Precambrian. Morfologic, stromatolitele sunt de mai multe tipuri: mamelonar, columnar sau sferoidal (Fig. 14-E).

Cryptozoon (Fig. 14-G) (Precambrian, America de Nord; Cambrian, Franța, Asia) reprezintă concrețiuni discoidale, formate din lame hemisferice, uneori cu tendința de lățire în partea superioară.

Collenia (Fig. 14-F) (Precambrian-Actual) include structuri cu aspect de dom, alcătuite din lame suprapuse.

Glaucocapsomorpha (Fig. 14-H) (Ordovician-Silurian, Estonia) se prezintă sub forma unor concrețiuni ovoidale.

Filogenia cianofitelor. Algele albastre se înrudesc cu bacteriile prin nucleul neindividualizat și prin capacitatea de asimilare a azotului atmosferic. Totodată, cianofitele s-ar apropia de algele roșii, ambele grupe prezentând pigmenții ficocianina și ficoeritrina. Algele albastre, ca și bacteriile, reprezintă un grup cu evoluție închisă.

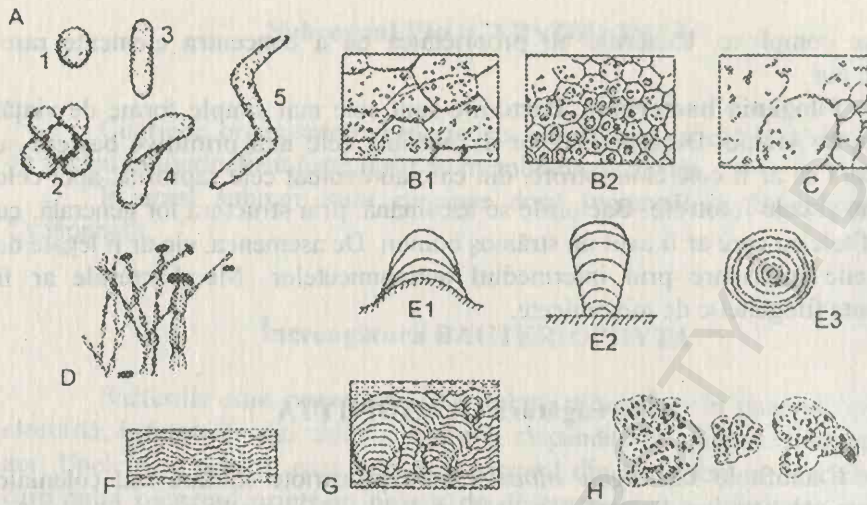


Fig. 14. **Procaryobionta**. A – tipuri morfologice de bacterii: coci (1, 2); bacili (3); sprili (4, 5); B – bacterii fosile: B1-B2 - *Micrococcus zeilleri*, Carbonifer inferior; C - *Bacillus tieghemi*, Carbonifer; Bacterii filamentoase: D - *Gallionella ferruginea*, Actual; E – Tipuri de stromatolite: mamelonar (E1); columnar (E2); sferoidal (E3); F – *Collenia* (Precambrian superior- Carbonifer - Actual); G – *Cryptozoon* (Precambrian superior - Cambrian); H – *Glaeocapsomorpha prisca* (Ordovician – Silurian inferior) (după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981).

Subregnul PHYCOBIONTA

Cuprinde *algele* propriu-zise, un grup foarte heterogen de eucariote autotrofe unicelulare și pluricelulare. Formele pluricelulare au un corp vegetativ nediferențiat în organe vegetative adevărate (rădăcină, tulpină, frunze), numit *tal*. Talul are aspecte morfologice diferite, uneori fiind diferențiat în părți care imită organele vegetative și numite *rizoid*, *cauloid* și *filoid*. Reproducerea algelor este foarte diversificată, asexuată și sexuată, cu alternanțe de faze haploide și diploide.

Din acest subregn, importanță paleontologică mai mare prezintă încrengăturile: Dinophyta, Acritarcha (incertae sedis), Chrysophyta, Bacillariophyta, Pheophyta, Rhodophyta, Chlorophyta și Nematophyta (incertae sedis).

Încrengătura DINOPHYTA (PYRROPHYTA)

Sunt alge unicelulare biflagelate, cu cromatofori galbeni bruni și cu un grad mare de variabilitate în ceea ce privește mărimea. Unele au celula protejată

de o teacă formată din plăci celulozice, calcaroase sau silicioase. Dinofitele fosile, ca şi cele actuale, au o morfologie variată : sferice, elipsoidale, discoidale, piramidale. Nutriţia este autotrofă dar şi heterotrofă, motiv pentru care sunt studiate atât de botanişti, ca alge, cât şi de zoologi, ca protozoare (pentru astfel de organisme unicelulare mixotrofe se utilizează, adeseori, termenul de *Protista*). Înmulţirea se face vegetativ (prin diviziune directă), asexuat (prin zoospori) şi sexuat (izogamie şi anizogamie). Cele mai vechi resturi sigure de dinofite datează din Triasic (resturi problematice datează din Silurian).

Pareodinia (Fig. 16-A) (Jurasic-Cretacic inferior) are schelet celulozic, elipsoidal;

Calciodinellum (Fig. 16-B) (Miocen) are schelet calcaros, globulos, format din plăci poligonale unite prin suturi;

Actiniscus (Fig. 16-C) (Oligocen superior-Actual) are schelet silicios stelat, cu 4 - 6 ramuri dispuse radiar.

Filogenia dinofitelor. Dinofitele descind, probabil, din unele forme primitive de crisofite, cu care se aseamănă în privinţa componentelor celulare şi a pigmenţilor.

Incertae sedis ACRITARCHA

Acritarhele constituie o categorie de microfosile unicelulare sau aparent unicelulare, cu forma, simetria şi ornamentaţia extrem de variate (Fig. 15). Acestea sunt reprezentate printr-un test de origine organică prevăzut cu o cavitate centrală. Testul poate prezenta sau nu o deschidere de forme diferite (circulară, fantă etc.) numită *pilom*. Au dimensiuni cuprinse între 15 – 200 de microni. Suprafaţa testului poate fi ornamentată prin apofize şi procese, simple, columnare, tubulare, bifurcate sau ramificate.

Clasificarea grupului este pur morfologică. Este posibil ca sub această denumire să fie grupate resturi de la organisme foarte diferite (alge, protozoare, spori, polen etc).

Aceste resturi se întâlnesc frecvent în depozite calcaroase, silicioase, precum şi în sedimente clastice din intervalul Proterozoic – Paleozoic inferior.

Ca şi dinofitele, Acritarcha a contribuit la formarea microplanctonului, având, se pare, un rol important ca prime verigi ale lanţurilor trofice din etapele de început ale vieţii marine. Sunt numeroase în Proterozoicul superior, pentru ca mai apoi, în Ordovician, să lase cel mai mare număr de genuri. Acritarhele au mai înregistrat un apogeu în Devonian şi altul în Jurasic, după care grupul intră în declin până astăzi.

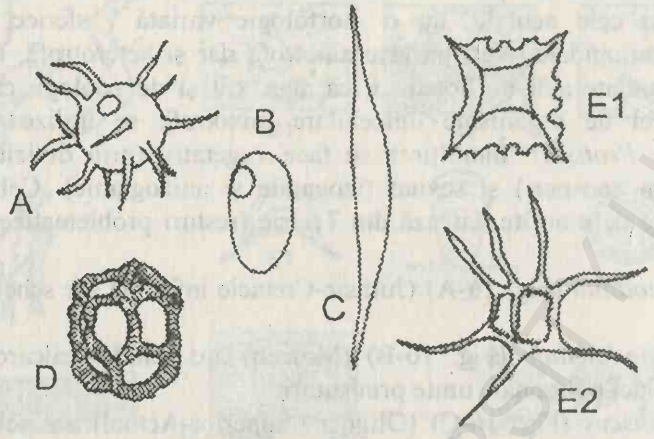


Fig. 15. **Acritarcha - tipuri morfologice:** A – *Baltisphaeridium longispinosum* (Silurian); B – *Leiosphaeridia sp.* (Ordovician); C – *Leiofusa sp.* (Silurian); D – *Cymatiosphaera sp.* (Eocen); E1 – *Polyedrixium sp.* (Devonian); E2 – *Polyedrixium pharaonis* (Devonian) (după O. Dragastan şi colab., 1980).

Încrengătura CHRYSOPHYTA

Crisofitele sau *algele aurii* sunt eucariote unicelulare solitare sau coloniale prevăzute cu 1 - 2 flageli care, pe lângă pigmentul clorofilian, mai conţin şi pigmentul ficocrisina de culoare galben-aurie. La unele specii, celula este prevăzută cu un perete celulozic impregnat cu carbonat de calciu sau cu siliciu. Din această încrengătură, importanţă paleontologică prezintă Clasa Chrysophyceae.

Clasa CHRYSOPHYCEAE

Cuprinde cele mai multe crisofite. Importanţă paleontologică deosebită au ordinele Coccolithophoridales şi Dictyochales (Silicoflagellata).

Ordinul Coccolithophoridales

Alge marine, mobile, biflagelate, acoperite de plăci calcaroase numite *cocolite*, cu diametrul de 1 - 30 microni.

Ericsonia (Fig. 16-E) (Eocen mediu) prezintă plăci elipsoidale prevăzute cu orificiu central şi inel dublu.

Chiasmolithus (Fig. 16-F) (Terțiar) are plăci elipsoidale cu inel marginal dublu și orificiu central prevăzut cu bare în forma literei X.

Distribuție stratigrafică. În stare fosilă coccolithophoridalele se cunosc din Mesozoic. În Terțiar au fost foarte abundente, numeroase specii persistând și în Actual.

Ordinul Dictyochales (Silicoflagellata)

Cuprinde alge unicelulare fotosintetizante, cu schelet silicios, marine și planctonice.

Dictyocha (Fig. 16-G) (Eocen-Actual) are scheletul format dintr-un inel bazal rombic, elipsoidal sau poligonal, prevăzut cu spini radiari.

Distephanus (Fig. 16-H) (Eocen mediu) are un schelet format dintr-un inel poligonal.

Cornua (Fig. 16-I) (Cretacic superior-Miocen) are scheletul redus la o baghetă simplă de la care pornesc trei brațe prevăzute cu câte doi spini divergenți.

Distribuție stratigrafică. Silicoflagelatele se cunosc din Cretacicul inferior. Perioade de dezvoltare evolutivă au avut în Cretacicul superior terminal, în Eocen și Miocen. Astăzi grupul se află în declin.

Filogenia crisofitelor. Crisofitele se apropie de bacilariofite și feofite prin asemănarea pigmenților asimilatori. Din formele rizopodiale și cele plasmodiale ar fi putut deriva rhizopodele, pe de o parte, și mixomicetele și unele ciuperci, pe de altă parte.

Încrengătura BACILLARIOPHYTA

Alge unicelulare fotosintetizante, numite și *diatomee*, prevăzute cu un test de natură silicioasă – *frustula* – formată din două valve inegale articulate între ele și diferit ornamentate. Sunt solitare sau coloniale, planctonice sau bentonice, marine, salmastre sau de apă dulce. Se înmulțesc vegetativ (prin diviziunea celulei), asexuat (prin spori) și sexuat (prin izogamie sau oogamie). În stare fosilă se cunosc din Mesozoic (din Paleozoic provin resturi nesigure).

Pinnularia (Fig. 16-J) (Eocen-Actual) prezintă frustule lungi, cu zona mediană îngustată, cu rafa (șanțul median) lată și întreruptă median.

Prin depunerea frustulelor a rezultat o rocă sedimentară, albă, poroasă, ușoară, numită *diatomit*. Diatomitul are diferite utilizări industriale: ca material izolator (are conductibilitate termică foarte mică din cauza porozității), filtrant, decolorant, abraziv fin pentru lustruirea metalelor.

Filogenia bacilariofitelor. După natura complexului pigmentar şi a produsului de asimilaţie, diatomeele ar putea deriva din Chrysophyceae (Ochromonadales).

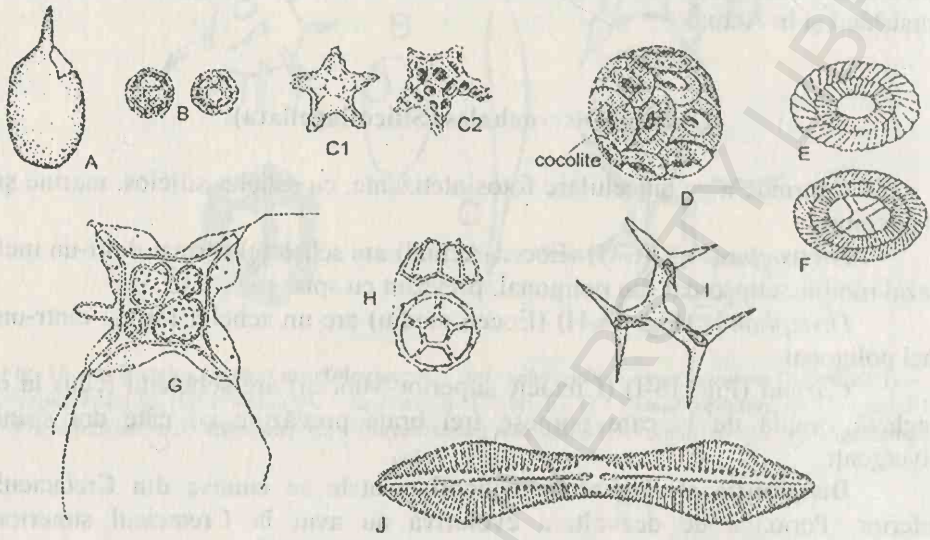


Fig 16. **Dinophyta** (A-C): A – *Pareodina ceratophora* (Jurasic – Cretacic inferior); B - *Calciodinellum operosum* (Miocen); C – *Actiniscus pentasterias* (Miocen); **Coccolithophoridales** (D, F): D – *Coccolithus pelagicus* (Actual); E – *Ericsonia ovalis* (Eocen mediu), F – *Chiasmolithus californicus* (Terţiar); **Dictyochales** (G, H, I): G – *Dictyocha fibula* (Miocen); H – *Distephanus pentagonus* (Actual); I – *Cornua trifurcata* (Cretacic superior); **Bacillariophyta**: J – *Pinnularia excelens* (Eocen superior – Miocen) (după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981).

Încrengătura PHAEOPHYTA

Alge brune, pluricelulare, uneori de dimensiuni foarte mari (până la 300 de metri lungime la *Macrocystis* - Fig. 17-A). Alături de clorofilă, prezintă pigmentul brun fucoxantina. Talul poate fi filamentos, simplu sau ramificat dichotomic, lamelar sau cilindric. Talul lamelar este diferenţiat în rizoid (pentru fixare), cauloid (imită tulpina) şi filoid (lăţit, imită frunzele), fapt care îi conferă aspect de plantă superioară.

Reproducerea se realizează pe cale vegetativă, asexuată şi sexuată. Vegetativ, se înmulţesc prin fragmente de tal capabile de a regenera. Asexuat, se înmulţesc prin *zoospori biflagelaţi* sau prin spori neflagelaţi apăruţi câte patru în sporange (*tetraspori*).

Reproducerea sexuată se realizează prin *izogamie*, *anizogamie* sau *oogamie*. În ciclul lor de dezvoltare, există două generaţii care pot alterna sau

nu: *generația sporofitică*, care produce sporii, și *generația gametofitică*, producătoare de gameți. Aceste generații se numesc *izomorfe*, atunci când sunt asemănătoare ca formă și la fel de bine dezvoltate, și *heteromorfe*, când diferă ca formă și dimensiune. În cazul alternanței de generații heteromorfe, poate domina gametofitul, la cele inferioare, sau sporofitul, la cele superioare. În cele mai multe cazuri, generația gametofitică (haploidă) alternează cu cea sporofitică (diploidă), fiind deci plante *haplo-diplobionte*, izomorfe sau heteromorfe. Există și cazuri când se dezvoltă numai sporofitul, gameții luând naștere pe sporofit, acestea fiind plante *diplobionte*.

Distribuție stratigrafică. Feofitele apar rar în stare fosilă deoarece talul nu se impregnează cu substanțe minerale. Fosile problematice de feofite datează din Silurian și Devonian, resturi sigure aparținând feofitelor fiind cunoscute din Triasic.

Fucus (Fig. 17-B) (Eocen-Actual) – tal lamelar ramificat dichotomic.

Filogenia feofitelor. După pigmenții asimilatori și tipul de flageli, algele brune ar putea descinde din crisofite primitive sau dintr-un strămoș comun cu acestea. Feofitele reprezintă o linie evolutivă închisă.

Încrengătura RHODOPHYTA

Alge roșii, marine, unicelulare sau pluricelulare; talul are o morfologie variată: filamentos, lamelar, sub formă de cruste. La cele mai evoluate (Clasa Florideae), talul este diferențiat în *rizoid*, *cauloid* și *filoid*. La unele specii, membrana celulară se poate impregna la suprafață cu carbonat de calciu, mineralizându-se. Celulele talului sunt dispuse în două zone: *hipotalul* (zona centrală), alcătuit din celule așezate paralel cu axa talului, și *peritalul* (zona periferică), cu celule a căror dispoziție este diferită de cea a hipotalului. În perital sunt situate *conceptaculele*, cavități în care se găsesc sporangii.

Înmulțirea la algele roșii se face vegetativ, asexuat și sexuat. Vegetativ se înmulțesc prin fragmentarea talului. Asexuat, se înmulțesc prin spori imobili (*aplanospori*) care se formează în sporangi; după numărul lor în sporange ei pot fi: monospori, tetraspori, octospori sau polispori. Cei mai frecvenți sunt monosporii, cunoscuți și sub numele de *carpospori*, care pot fi haploizi sau diploizi.

Sexuat, algele roșii se reproduc printr-o *oogamie* foarte specializată numită și *carpogonie*. Ele pot fi *homotalice*, când pe același tal se formează ambele tipuri de gameți sau heterotalice, când gameții masculi, respectiv femeli, se formează pe taluri diferite. La Florideae se întâlnește fie o dominanță a generației haploide – tipul *haplobiont* – fie o alternanță de generații, haploidă și diploidă – tipul *haplo-diplobiont*.

Algele roşii au lăsat fosile din Proterozoicul superior dar, probabil, sunt mult mai vechi. În timpurile geologice au participat la alcătuirea calcarelor recifale. Dintre numeroasele familii de alge roşii care au lăsat fosile, amintim numai două, mai importante: Solenoporaceae şi Corallinaceae.

Familia Solenoporaceae (Ordinul Kenellales) include alge cu tal alcătuit din filamente tubulare cu lungimi variabile, care depăşesc 100 de microni în diametru.

Solenopora (Fig. 17-C), (Ordovician, Cretacic inferior), cu tal nodular, sferoidal, format din serii succesive de filamente tubulare cu împărţire internă sub formă de tabule. Diferite specii de *Solenopora* au fost semnalate în formaţiuni ordoviciene şi siluriene din Anglia, Canada şi Asia. Din Cretacicul inferior din Dobrogea, prof. I. Simionescu a descris specia *Solenopora rumana*.

Familia Corallinaceae (Ordinul Cryptonemiales) cuprinde alge cu tal calcaros, simplu sau ramificat, de forme diferite: nodulară, mamelonară sau neregulată, în funcţie de morfologia substratului. Celulele talului se dispun în două zone: una internă (*hipotalul*), cu celule dispuse paralel cu axa, şi una periferică (*peritalul*), cu o dispoziţie variată a celulelor faţă de hipotal.

Archaeolithothamnium (Fig. 16-D) (Jurasic superior-Actual) – tal la care hipotalul este format din celule dreptunghiulare, uneori dispuse neregulat, şi peritalul format din celule izodiametrice dispuse perpendicular pe hipotal. Sporangii sunt dispuşi câte unul în conceptacule separate (Fig. 17-G1).

Lithothamnium (Fig. 16-E) (Cretacic-Actual) – tal cu aspect de tufe ramificate. Celulele hipotalului sunt rectangulare iar cele ale peritalului sunt mici şi dispuse vertical pe zona hipotalului. Sporangii sunt în număr de 4-5 într-un conceptacul (Fig. 17-G2).

Lithophyllum (Fig. 16-F) (Cretacic-Actual) are hipotalul cu celule alungite, dispuse coaxial, şi peritalul format din celule rectangulare, dispuse în şiruri regulate perpendiculare pe hipotal. În fiecare conceptacul sunt numai câte doi sporangi (Fig. 17-G3).

Filogenia rhodofitelor. Algele roşii se apropie de cianoficee prin unele caractere biochimice şi citologice, fapt care sugerează vârsta mare a acestui grup. Ele constituie o linie de evoluţie închisă a talofitelor.

Încrengătura CHLOROPHYTA

Clorofitele sunt *alge verzi* unicelulare (solitare sau coloniale), sau pluricelulare cu corp vegetativ foarte variat, de formă lamelară, disciformă, filamentoasă, simplă sau ramificată. La unele alge verzi, corpul vegetativ este reprezentat prin filamente tubulare (sifonale), plurinucleate, simple sau ramificate. Peretele celular poate fi celulozic sau impregnat cu carbonat de calciu (la unele forme marine). Algele verzi au zoosporii şi gameţii prevăzuţi cu

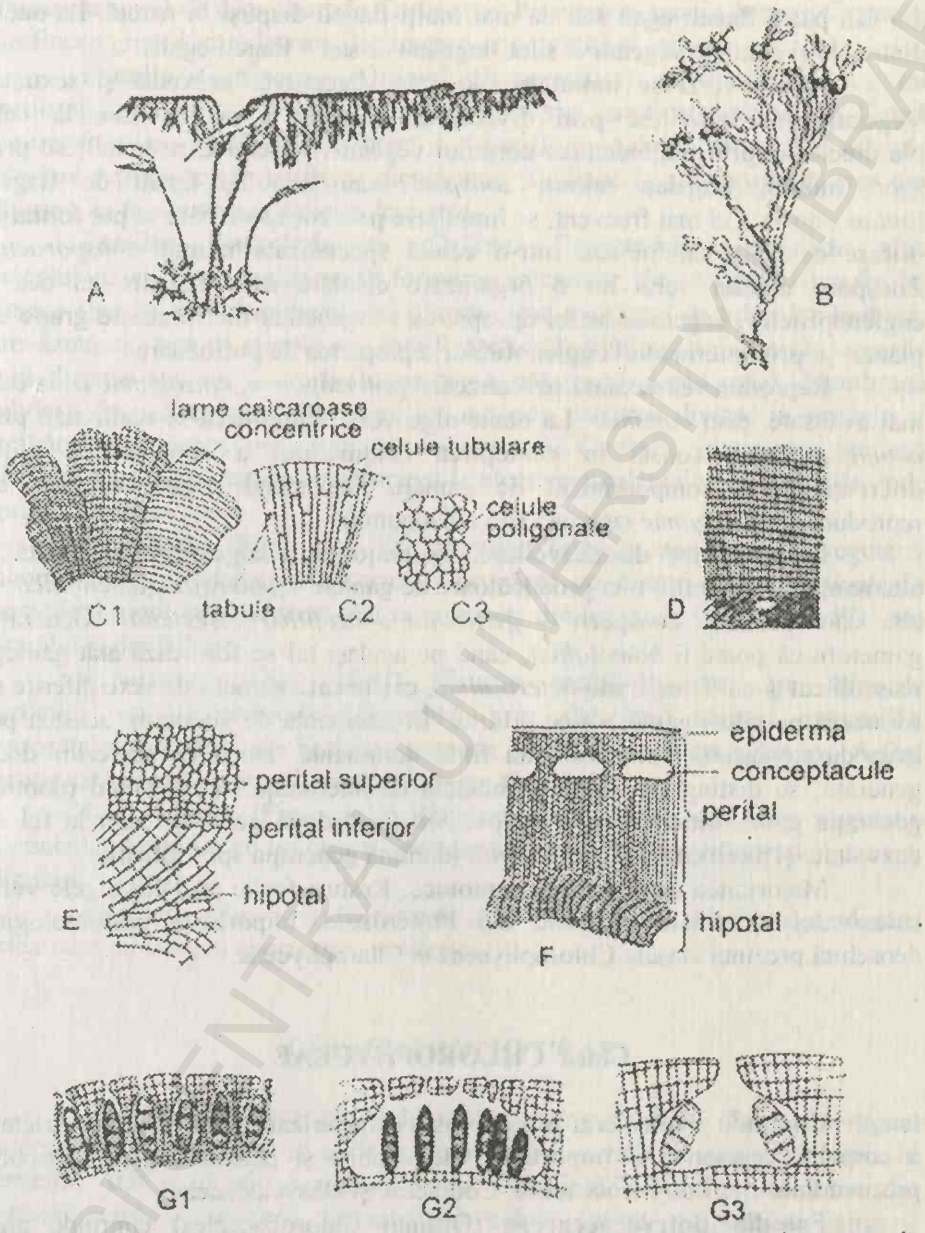


Fig. 17. **Pheophyta** (A, B): A – *Macrocystis pyrifera* (Actual); B – *Fucus veziculosus* (Actual); **Rhodophyta** (C, D): C – *Solenopora condensa* (Jurasic superior): C1 – colonie; C2 – secțiune longitudinală; C3 – secțiune transversală; D – structura talului la *Archaeolithothamnium*; E – structura talului la *Lithothamnium saxonicum* (Badenian); F – structura talului la *Lithophyllum sp.*; G – modul de dispoziție a sporangilor la *Archaeolithothamnium* (G1), *Lithothamnium* (G2), și *Lithophyllum* (G3) (A–C și E după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981; D și F după V. Barbu, 1968; G după L. Davitașvili, 1956).

doi sau patru flageli egali sau cu mai mulți flageli dispuși în rozetă. La unele dintre ele și celulele vegetative sunt flagelate (2 sau 4 flageli egali).

Algele verzi se înmulțesc pe cale vegetativă, asexuată și sexuată. Vegetativ, se înmulțesc prin diviziunea mitotică a celulei sau, la cele plurinucleate, prin fragmentarea corpului vegetativ. Asexuat, se înmulțesc prin spori mobili, flagelați numiți *zoospori*, sau imobili, lipsiți de flageli (*aplanospori*). Cel mai frecvent, se înmulțesc prin zoospori, care se pot forma în oricare celulă a talului sau într-o celulă specializată numită *zoosporocist*. Zoosporii algelor verzi au o organizare celulară asemănătoare cu cea a euglenopfitelor, sugerând astfel apropierea filogenetică dintre aceste grupe de plante, și, prin intermediul euglenofitelor, apropierea de protozoare.

Reproducerea sexuată se realizează prin *izogamie*, *anizogamie* și, la cele mai avansate, prin *oogamie*. La unele alge verzi, înmulțirea se realizează prin *conjugare*, care constă în contopirea conținutului a două celule puțin diferențiate, cu comportament de gameți, neexistând organe speciale de reproducere (*cistogamie* izogamă sau anizogamă).

În ciclul lor de dezvoltare, la majoritatea algelor verzi există o alternanță de generații: una producătoare de gameți – *generația gametofitică*, și alta care produce zoosporii – *generația sporofitică (asexuată)*. Generația gametofitică poate fi *homotalică*, când pe același tal se formează atât gameții masculi cât și cei femeli, sau *heterotalică*, caz în care gameții de sexe diferite se formează pe taluri gametofitice diferite. În alternanța de generații, acestea pot avea durate diferite, una sau alta fiind dominantă. După durata celor două generații, se disting trei tipuri principale de alternanță: *haplobiontă* (domină generația gametofitică), *haplo-diplobiontă* (cele două generații sunt la fel de dezvoltate și alternează) și *diplobiontă* (domină generația sporofitică).

Majoritatea sunt marine, bentonice. Resturi fosile au lăsat algele verzi calcaroase, semnalate începând din Proterozoic. Importanță paleontologică deosebită prezintă clasele Chlorophyceae și Charophyceae.

Clasa CHLOROPHYCEAE

Cuprinde algele verzi propriu-zise, caracterizate printr-o mare varietate a corpului vegetativ. O importanță litogenetică și paleontologică deosebită prezintă familiile Botryococcaceae, Codiaceae și Dasycladaceae.

Familia Botryococcaceae (Ordinul Chlorococcales) cuprinde alge unicelulare coloniale care se dezvoltă la suprafața lacurilor. Celulele au formă ovoidală și sunt înconjurate de o materie gelatinoasă. Caracteristic este genul *Botryoccocus* (Fig. 18-A1-A2), cunoscut încă din Carbonifer. Prin acumularea corpurilor acestor alge pe fundul lacurilor s-a format, în decursul timpurilor geologice, un cărbune bituminos numit *boghead*. Familia a apărut în Devonian.

a atins maximul de dezvoltare în Carbonifer-Permian şi apoi în Jurasic-Cretacic; din Eocen grupul intră într-un declin care se continuă şi astăzi.

Familia Codiaceae (Ordinul Bryopsidales) cuprinde alge cu tal încrustat cu calcar, de diferite aspecte: masiv sau ramificat dichotomic. Genul *Halimeda* (Fig. 18-B1-B2) (Eocen - Actual) are talul alcătuit din articule tubulare suprapuse şi ramificate dichotomic. Codiaceele au contribuit, încă din Silurian, la formarea unor roci calcaroase.

Familia Dasycladaceae (Ordinul Dasycladales) cuprinde alge unicelulare cu cel mai mare rol în formarea calcarelor, dintre algele verzi fosile. Aceste alge au corpul unicelular şi plurinucleat, cu aspect de tulpină cilindrică, prevăzută cu ramuri simple sau ramificate (dichotomic şi politomic); ramurile sunt dispuse sau nu în verticile, şi prevăzute cu un canal axial. Membrana celulară fixează calcarul, formând un manşon calcaros divizat în articule şi străbătut de numeroşi pori, prin care ies ramurile. Ca fosile, sunt cunoscute încă din Silurian. În Mesozoic, au participat la alcătuirea calcarelor recifale alături de corali, briozoare etc.

Diplopora (Fig. 18-C-F) (Permian-Triasic) are corpul vegetativ înconjurat de un manşon calcaros şi prevăzut cu ramuri scurte, grupate în verticile. La noi în ţară, acest gen se cunoaşte din calcarele triasice din Pădurea Craiului şi din Bihor.

Gyroporella (Fig. 18-G) (Triasic mediu-superior) are ramurile verticilate cu extremităţile măciucate: prin alăturarea acestor extremităţi îngroşate, se formează un al doilea manşon exterior, cu aspect grăunţos. A fost menţionată în calcarele triasice din Pădurea Craiului.

Acetabularia (Fig. 18-H) (Miocen-Actual) are un corp vegetativ pedunculat, terminat cu un disc format din sporangiofori subcilindrici şi camere circulare.

Acicularia (Fig. 18-I) (Jurasic-Cretacic) se prezintă sub formă de discuri calcaroase cu camere sporangice periferice.

Clasa CHAROPHYCEAE

Cuprinde alge verzi pluricelulare superior organizate. Talul, impregnat cu carbonat de calciu, este alcătuit dintr-un *ax vertical* şi *ramuri* dispuse în verticile. Atât axul cât şi ramurile sunt articulate, adică sunt alcătuite din porţiuni scurte – *noduri*, formate din celule scurte, şi porţiuni lungi – *internoduri*, formate din celule lungi, plurinucleate. Talul poate atinge 0,5 m lungime. Reproducerea se face asexuat şi sexuat. Reproducerea sexuată se realizează prin *oogamie*. *Oogonul* (organul sexual femel) se formează la partea superioară a nodului iar *anteridiul* (organul sexual mascul) se formează la

partea inferioară a ramurilor verticilate. Trăiesc în ape dulci şi salmastre unde formează adevărate tufe.

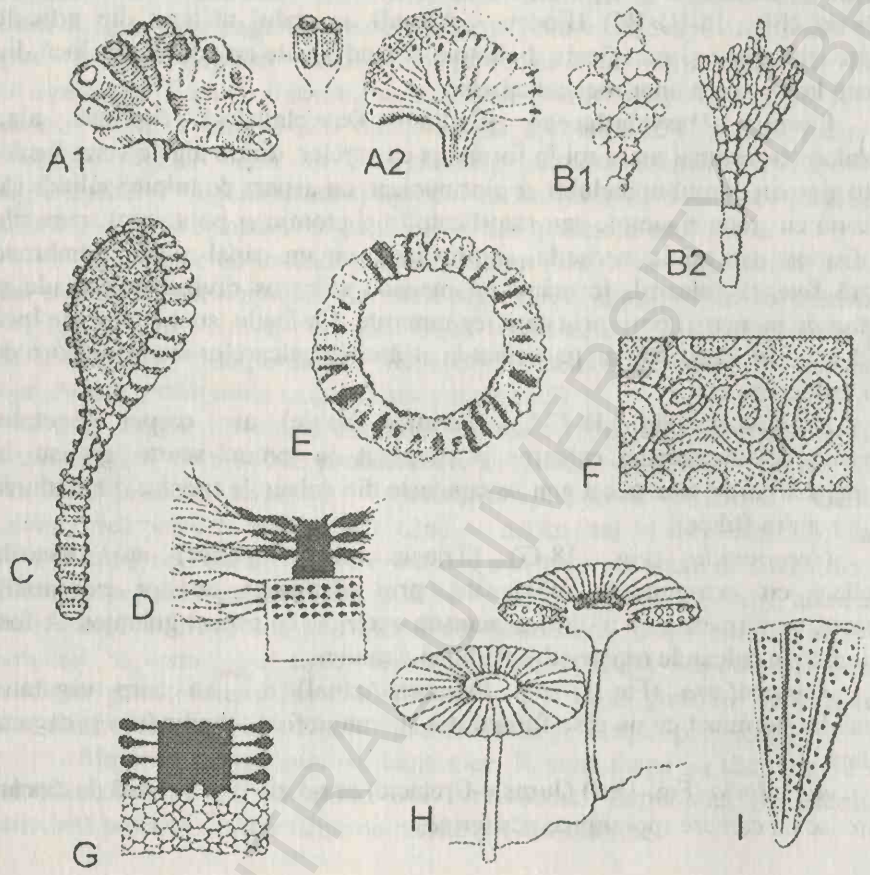


Fig. 18. **Chlorophyceae. Botryococcaceae:** A1–A2 – *Botryoccocus*; **Codiaceae:** B1-B2 – ramuri de *Halimeda*; **Dasycladaceae** C – *Diplopora praecursor* (Triasic mediu); D – *Diplopora phanerospora*; E – secţiune printr-un articul de *Diplopora*; F – secţiune într-un calcar cu *Diplopora*; G – *Gyroporella vesiculifera*; H - *Acetabularia mediterranea* (Actual); I – fragment de disc fertil de *Acicularia heberti* (A-G şi I după V. Barbu, 1968; H după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981).

Distribuţie stratigrafică. Charofitele apar în Silurianul superior (I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981). Au înregistrat perioade de apogeu în Devonian superior - Carbonifer (*Trochiliscus*, Silurian superior - Carbonifer inferior. Fig.

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

19-B; *Sycidium*, Fig. 19-C-D, Devonian) şi în Jurasic superior - Cretacic (*Globator* – Cretecic inferior), după care intră într-un declin care se continuă şi astăzi. Din Terţiar, majoritatea genurilor aparţin familiei *Characeae* (*Chara* - Oligocen-Actual, Fig. 19-A), bine reprezentată în Actual.

De la charofite au rămas, în depozitele sedimentare, tije dar mai ales oogoane, care pot da indicaţii asupra faciesurilor de apă dulce sau salmastre.

Filogenia chlorofitelor. Algele verzi ar proveni, pe baza asemănărilor structurale ale celulei, din euglenofite autotrofe. Din algele care au dezvoltat oogamia (Ulothrichales), prin grupa Coleochaetaceae, majoritatea autorilor consideră că au derivat plantele cu organizaţie superioară – briofitele şi cormofitele, ca adaptare la viaţa terestră. Characeele, deşi au o organizare complexă a aparatului vegetativ şi a organelor de reproducere, reprezintă un ram închis în evoluţie.

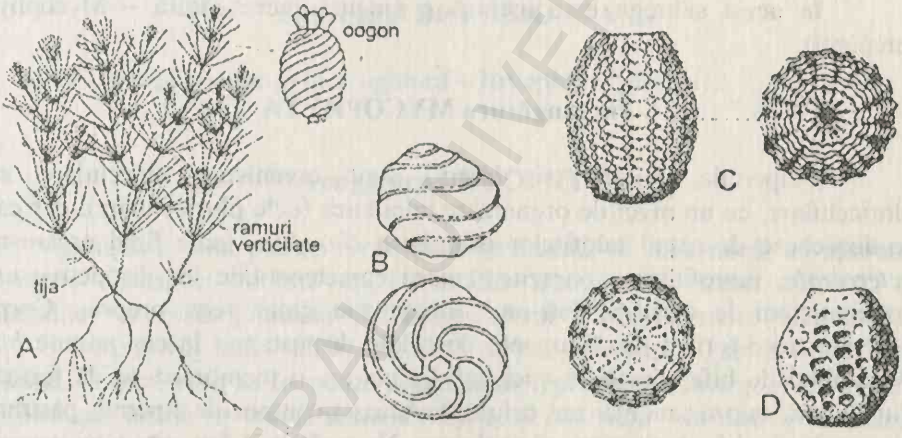


Fig. 19. **Charophyceae:** A – *Chara fragilis* (Actual); B – *Trochiliscus sexcossulcatum* - oogoane (Devonian mediu – Carbonifer inferior); C – *Sycidium melo*; D – *Sycidium panderi* (A-B după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981; C-D după V. Barbu, 1968).

Incertae sedis NEMATOPHYTA

Cuprinde plante taloide cu poziţie sistematică incertă, cunoscute numai în stare fosilă, din intervalul Silurian – Devonian. Resturile cunoscute constau în organe de forma unor tulpini cu lungimea de până la 2 m şi diametrul de până la 1 m. Aceste tulpini sunt alcătuite din tubuleţe anastomozate, răzleţe, cu diametrul de 4 - 5 microni. La unele specii, tubuleţele sunt egale în diametru, altele au diametre diferite.

Structura morfologică internă a nematofitelor prezintă unele asemănări cu algele brune.

Prototaxites (Fig. 19-A), reprezentantul tipic al grupului, se deosebește însă de structura internă a algelor brune prin constituția mai rigidă, cu aspect lemnos, a tuburilor din interiorul tulpinii. După unii autori, aceste tuburi aveau o constituție lemnoasă. Organele de reproducere nu s-au păstrat (doar sporii). Datele existente despre nematofite sugerează că acestea trăiau în regiunea litorală a mării, în zone cu umiditate ridicată. Flora nematofitică era destul de răspândită în Paleozoicul inferior. Este posibil ca prin lignificarea tubuleţelor, nematofitele să fi condus la apariția vaselor lemnoase, fapt ce a permis plantelor verzi colonizarea uscatului.

Subregnul MYCOBIONTA

În acest subregn este inclusă o singură încrengătură – Mycophyta (ciuperci).

Încrengătura MYCOPHYTA

Ciupercile, numite şi *Fungi*, sunt organisme unicelulare sau pluricelulare, cu un nivel de organizare taloidoică (cele pluricelulare), dar care se deosebesc de restul talofitelor prin *lipsa clorofilei*, toate fiind organisme *heterotrofe*, saprofite sau parazite. Pentru caracteristicile lor distinctive unii sistematicieni le clasifică într-un subregn sau chiar regn propriu. Corpul vegetativ este format din filamente de celule dispuse cap la cap numite *hife*. Ansamblul de hife constituie *micelul*. Celula are o membrană rigidă formată din chitină, caloză sau, mai rar, celuloză. Această compoziție a permis păstrarea ciupercilor în diferite formațiuni geologice. Nu au format depozite şi nu prezintă importanță biostratigrafică. În stare fosilă, posibile micelii sunt semnalate din Proterozoic. Resturi sigure provin începând din Devonian - Carbonifer (spori descoperiți pe plantele terestre).

Xylomites (Fig. 20-B) (Carbonifer-Permian) – ascomicetă care ataca țesuturile tulpinii şi ramurilor de *Lepidodendron*.

Puccinites este o basidiomicetă parazită pe frunzele de *Eucalyptus* din Cenomanian (Cretacic superior) şi de *Laurus* din Oligocen.

Filogenie. În ceea ce privește originea ciupercilor, sunt mai multe ipoteze. Mulți autori consideră că ciupercile (ascomicete şi bazidiomicete) ar proveni din flagelate care au pierdut flagelul şi clorofila şi au format mai întâi archimicetele parazite. Oomicetele (ficomicete) ar proveni din alge sifonale, cu care se aseamănă prin structura organelor sexuale şi a talului, prin pierderea clorofilei.

Subregnul LICHENOBIONTA

Cuprinde o singură încrengătură – Lichenophyta.

Încrengătura LICHENOPHYTA

Lichenii sunt *organisme simbionte* constituite prin asocierea hifelor unor ciuperci ascomicete sau basidiomicete cu alge unicelulare verzi sau albastre. Se cunosc ca fosile din Carbonifer (*Rhizomorpha*), din Mesozoic şi Neozoic.

Lichenii reprezintă un remarcabil exemplu de evoluţie prin speciaţie ecologică, bazată pe mutualism.

Subregnul BRYOBIONTA

Cuprinde o singură încrengătură – Bryophyta (muşchi).

Încrengătura BRYOPHYTA

Muşchii sunt plante verzi, fotosintetizante, de talie mică, cu aparatul vegetativ de aspect taloidic sau cormoidic, alcătuit din rizoizi, tulpiniţă şi frunzuliţe. Nu prezintă rădăcini şi cilindru central cu vase liberiene şi lemnoase.

Corpul vegetativ al muşchilor aparţine generaţiei gametofitice care domină. Pe gametofit se formează organele de reproducere, *arhegonul* – în care se formează oosfera – celula sexuală femelă, şi *anteridia* – în care se formează anterozoizii biflagelaţi – celulele sexuale mascule. Arhegonul şi anteridia, spre deosebire de cele algale, prezintă un ţesut periferic protector.

Sporofitul este mic, de scurtă durată, se formează direct pe gametofit şi are rol în producerea sporilor.

Fosile certe de muşchi se cunosc începând din Silurianul superior. Diferite genuri fosile datează din Devonian (*Sporogonites*, *Hepaticites*, Fig. 20-C), Mesozoic şi Neozoic (*Marchantites*, Fig. 19-D; *Muscites*, Fig. 20-E), când apar forme asemănătoare cu cele actuale. În perioadele glaciare ale Cuaternarului, o mare dezvoltare cunoaşte genul *Sphagnum* (Fig. 20-F), cunoscut încă din Jurasic, care a produs zăcăminte de turbă în nordul Europei şi Siberia. La noi în ţară turbării s-au format în Bucovina (Poiana Stampei) şi în Transilvania (Carei - Sălaj).

Filogenie. Originea muşchilor se află în grupul algelor verzi cu generaţia gametofitică dominantă, în procesul adaptării acestora la viaţa

terestră. În sprijinul originii algale a mușchilor se aduc ca argumente: corpul vegetativ taloidic al mușchilor hepatici, protonema care are aspect și structură taloidică, anterozoizii flagelați, tipul organelor de reproducere etc. Mușchii nu au dat naștere altui grup de plante terestre, superior organizat.

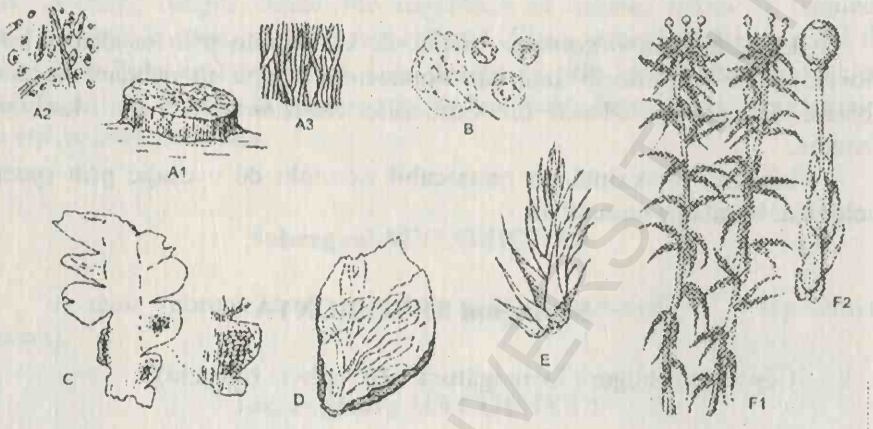


Fig. 20. **Nematophyta** (A): *Prototaxites*: A1 – „trunchi"; A2 – secțiune transversală; A3 – secțiune longitudinală; **Mycobionta** (B): *Xylomites varius* pe frunze de *Populus mutabilis* (Miocen); **Bryobionta** (C-F): C – *Hepaticites* (Carbonifer); D – *Marchantites* (Eocen); E - *Muscites* (Terțiar); F – *Sphagnum cymbifolium*: gametofit cu sporange (F1); sporogon (F2) (A – E, după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981; F – după I. Hodișan și I. Pop, 1976).

Subregnul CORMOBIONTA

Cormofitele sunt plantele cele mai evoluate, care prezintă un corp vegetativ sporofitic diferențiat în *rădăcină*, *tulpină* și *frunze*, numit *corm*. Cormofitele provin din alge verzi marine, litorale, cu generația sporofitică dominantă, în procesul adaptării acestora la viața terestră. Aceste alge de tip Coleochetaceae, cu tal heterotrich, ramificat, se înmulțeau asexuat, prin zoospori biflagelați și sexuat prin oogamie. La formele actuale ale acestor alge, oogonul, prevăzut cu o prelungire subțire, după fecundare închide zigotul și se înconjoară cu filamente pluricelulare provenite din celulele vegetative învecinate. Aceste filamente formează în jurul zigotului un înveliș protector care sugerează originea peretelui pluricelular al arhegonului. În condițiile de uscăciune de la reflux, este posibil ca acest tip de alge să se fi adaptat, treptat, la viața continentală, rezistând la deshidratare. De aceea, cormofitele se consideră a fi plante primar terestre, ulterior ele adaptându-se și la viața acvatică.

Principalele adaptări ale cormofitelor la viața de uscat sunt:

- dezvoltatea unei *cuticule* epidermice protectoare care să împiedice deshidratarea;
- dezvoltarea *vaselor conducătoare* organizate într-un *stel* (*cilindru central*) care să asigure circulația apei, a substanțelor organice și a sărurilor minerale în tot corpul; vasele conducătoare de liber și lemn provin din parenchimul fundamental prin diferențiere și specializare.
- formarea de *țesuturi mecanice* care să susțină masa corpului în condițiile mediului de uscat și, de asemenea, să permită circulația în vase; fibrele mecanice provin din vase lemnoase care au pierdut funcția de conducere;
- apariția *stomatelor* ca adaptare la respirația în mediul atmosferic;
- gametangii și sporangii formează un înveliș protector prin sterilizarea celulelor externe;
- dezvoltarea unui parenchim de depozitare și a țesuturilor de excreție;
- *adaptări ale reproducerii*; acestea sunt legate de transportul gameților și sporilor în mediul de uscat, adaptări ale procesului de fecundație și de dezvoltare embrionară a noii plante. *Gametangii* realizează pereți pluricelulari cu rol protector. În condițiile mediului terestru, *gametofitul*, reprezentat printr-un *protal* cu viață independentă de a sporofitului, se reduce tot mai mult rămânând, la ferigile endoprotaliene și la spermatofite, inclus în sporofit. Sporangii migrează din poziția axială, pe frunze și vor evolua în direcția protejării gametofitului și a embrionului (viitoarea plantă sporofitică). Fecundația *zoidogamă*, cu gameți masculi flagelați, evoluează către fecundația *sifonogamă* (printr-un tub polenic) și gameți masculi neflagelați.

Tulpina s-a constituit ca atare, printr-o diferențiere anatomică treptată a talului algal în filogeneză, care a realizat elemente conducătoare și mecanice; această diferențiere este prefigurată de structura unor alge brune care au talul diferențiat morfologic în *rizoid*, *cauloid* și *filoid*; din punct de vedere anatomic, parenchimul cauloidului este diferențiat într-o zonă corticală și o zonă medulară, internă, formată din celule alungite cu pereții transversali ciuruiți, asemenea vaselor liberiene, și din celule cu pereți îngroșați cu rol mecanic. Localizarea centrală a acestor celule cu rol conducător și mecanic prefigurează structura celui mai primitiv și simplu cilindru central – *protostelul*. Acest tip primitiv de stel este format inițial dintr-un corp lemnos central înconjurat de liber. El s-a modificat pe parcursul timpurilor geologice, urmând diferite căi în evoluția cormofitelor (Fig. 21).

Rădăcina este o tulpină modificată, cu rol la fixarea în substrat şi absorbţie. Frunzele şi sporangii au origine caulinară.

Cormofitele sunt plante *diplobionte*, cu o alternanţă de faze obligatorie: faza gametofitică (gametofaza) şi faza sporofitică (sporofaza), care este dominantă.

Organul reproducător femel – *arhegonul* – este pluricelular (ca şi la briofite), de aceea aceste plante se mai numesc *arhegoniate*.

În urma fecundării, din zigot se dezvoltă un corp pluricelular cu proprietăţi meristematice numit *embrion*, din care se vor diferenţia toate organele plantei, de aceea aceste plante se mai numesc *embriofite*.

Dezvoltarea unor structuri cormoidice s-a realizat în mod independent la mai multe grupe de talofite superioare (alge verzi, brune şi roşii) ca urmare a unor cerinţe adaptative asemănătoare impuse de viaţa la limita dintre apă şi uscat; se consideră, însă, că numai *algele verzi* au reuşit să ducă aceste transformări până la capăt şi să dea naştere cormofitelor – plantele uscaturilor continentale.

Clasificare. Subregnul Cormobionta cuprinde 3 încrengături: Pteridophyta, Gymnospermae şi Angiospermae. Unele clasificări grupează gimnospermele şi angiospermele, ca subîncrengături, în încrengătura Spermatophyta.

Încrengătura PTERIDOPHYTA

Cuprinde primele plante de uscat. Corpul vegetativ (planta însăşi) este reprezentat de *sporofit* care formează sporangii cu spori; gametofitul este redus la *protal* - un corp taloidic, de scurtă durată, pe care se dezvoltă organele producătoare de gameţi (gametangii) – *anteridiile* şi *arhegoanele*. Cormul este diferenţiat în rădăcină, tulpină şi frunze.

Rădăcina principală la pteridofitele mature lipseşte. Pe tulpina subterană (rizom) se formează numeroase rădăcini secundare adventive, ramificate dichotomic sau pseudodichotomic.

Tulpina, ramificată dichotomic sau pseudodichotomic, este constituită din două părţi: *tulpina aeriană* şi *tulpina subterană*. Din punct de vedere anatomic, tulpina este alcătuită din cilindru central (stel), scoarţă şi epidermă. Ţesutul lemnos este alcătuit predominant din *traheide*, adesea scalariforme.

Frunzele, fixate spiralat sau în verticil pe tulpina aeriană sau pe cea subterană, sunt foarte variate; pot fi nediferenţiate – toate cu rol nutritiv şi asemănătoare morfologic, sau diferenţiate – caz în care unele frunze sunt late şi au rol nutritiv (*trofofile*) – altele sunt specializate pentru formarea sporilor (*sporofile*).

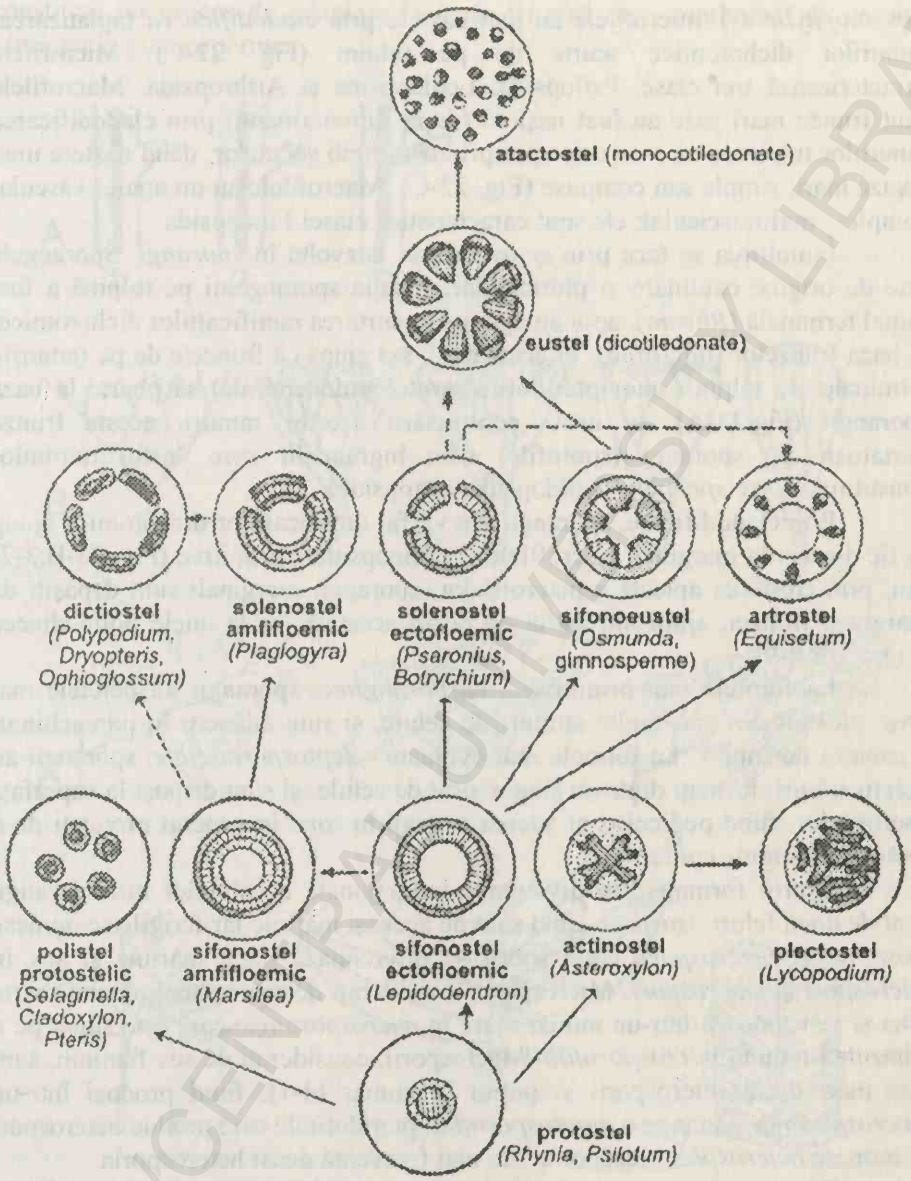


Fig. 21. **Evoluția cilindrului central** (după Takhtajan și Zimmermann, completat de I. Hodișan și I. Pop, 1976).

Tipul foliar primitiv constă în frunze mici – *microfile*. Microfilele au apărut prin *enație* (după Bower) – încreștirea epidermei tulpinii primelor pteridofite (*Asteroxylon*) sub forma unor emergențe – care s-au vascularizat (există un singur fascicul libero-lemnos) (Fig. 22-A). La alte pteridofite

(*Sphenophyllales*), microfilele au luat naştere prin *cladodificarea* (aplatizarea) ramurilor dichotomice scurte de pe tulpini (Fig. 22-C). Microfilele caracterizează trei clase: Psilopsida, Lepidopsida şi Arthropsida. Macrofilele sunt frunze mari care au luat naştere (după Zimmermann) prin cladodificarea ramurilor tulpinale ce s-au unit apoi printr-un limb secundar, dând naştere unei frunze mari, simple sau compuse (Fig. 22-C). Macrofilele au un aparat vascular complex, multifasciculat; ele sunt caracteristice clasei Filicopsida.

Înmulţirea se face prin *spori* care se dezvoltă în *sporangi*. Sporangele este de origine caulinară şi pluricelular. Poziţia sporangelui pe tulpină a fost iniţial terminală (*Rhynia*), apoi ajunge, prin scurtarea ramificaţiilor dichotomice, la baza frunzelor (microfile). În acest mod, s-a ajuns ca frunzele de pe ramurile terminale ale tulpinii unor pteridofite (protolepidodendrale) să poarte la bază sporangii (Fig.23-A). În urma contractării acestor ramuri, aceste frunze purtătoare de sporangi (sporofile) s-au îngrămădit spre vârful tulpinilor constituind *spice sporifere* (lepidopside, artropside).

Prin cladodificare, sporangii din vârful ramificaţiilor dichotomice ajung să fie dispuşi la marginea macrofilelor la filicopsidele primitive (Fig. 23-B,3-7) sau, prin creşterea apicală a macrofilelor, sporangii marginali sunt depăşiţi de marginea frunzei, ajungând astfel pe dosul acesteia, ca la unele polipodiacee (Fig. 23-B,8-9).

La formele mai primitive – *eusporangiate*, sporangii au peretele mai gros, alcătuit din mai multe straturi de celule, şi sunt adânciţi în parenchimul organului de suport. La formele mai evoluate – *leptosporangiate*, sporangii au pereţii subţiri, formaţi dintr-un singur strat de celule, şi sunt dispuşi la suprafaţa sporofilelor, fiind pedicelaţi şi adesea grupaţi în *sori*, în general protejaţi de o *induzie* de origine epidermică.

Sporii, formaţi prin diviziunea reducţională a celulelor din sporangi, sunt de două feluri: *izospori*, când sunt de aceeaşi mărime iar ferigile se numesc *izospore*, şi *heterospori*, când sporii se diferenţiază după mărime şi sex în *microspori* şi *macrospori*. Microsporii, consideraţi de sex masculin, sunt foarte mici şi se formează într-un număr mare în *microsporange*, care este situat pe o frunzuliţă numită *microsporofilă*. Macrosporii, consideraţi de sex feminin, sunt mai mari decât microsporii şi puţini la număr (4-1), fiind produşi într-un *macrosporange* situat pe o *macrosporofilă*; pteridofitele care produc heterospori se numesc *heterospore*. Izosporia este mai freeventă decât heterosporia.

Din germinarea sporului ia naştere *protalul* (generaţia gametofitică) care poate fi *monoic*, când se formează anteridii şi arhegoane pe acelaşi individ, şi *dioic*, când anteridiile se află pe un individ iar arhegoanele pe altul.

Apariţia heterosporiei, reducerea numărului de spori în sporangi, însoţită de persistenţa sporului în sporange (la Selaginelalles şi Lepidodendrales), unde germinează, produce un protal şi se fecundează,

constituie un proces de adaptare la viața terestră care a culminat cu apariția seminței la gimnosperme.

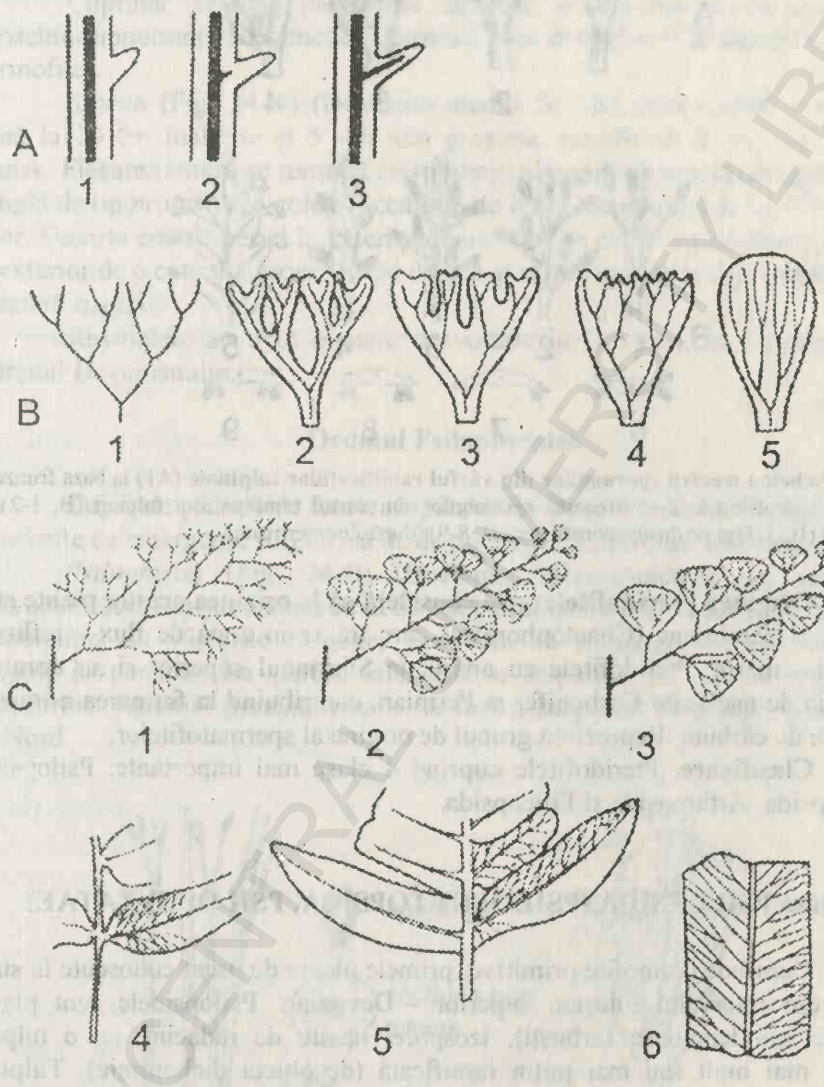


Fig. 22. **Schema apariției și dezvoltării frunzelor pe tulpini**: A (1-3): microfile apărute prin enație; B (1-5): microfile apărute prin cladodificare; C (1-6): formarea macrofilelor prin cladodificare (A – după Takhtajan; B, C – după Emberger, din I. Hodișan și I. Pop, 1976).

Majoritatea pteridofitelor actuale sunt plante ierboase; cele fosile erau mai ales lemnoase. Pteridofitele sunt legate, prin modul lor de viață, de locuri umede, umbroase.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

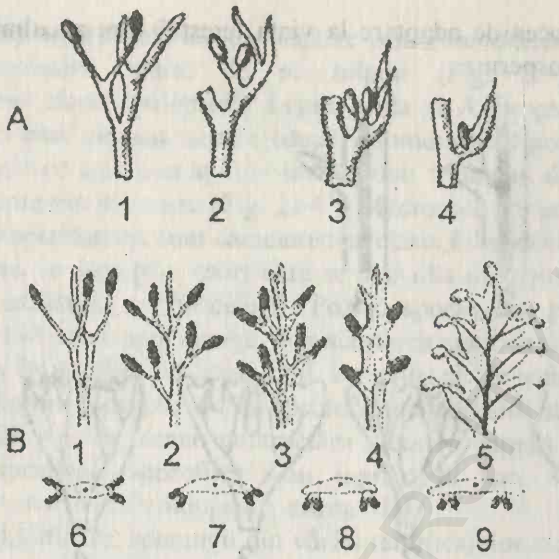


Fig. 23. **Schema trecerii sporangilor din vârful ramificațiilor tulpinale** (A1) la baza frunzelor devenite sporofile (A: 2-4); trecerea sporangilor din vârful ramificațiilor tulpinii (B, 1-2), la marginea (B, 3-7) și pe dosul sporofilelor (B, 8-9) (după Zimmermann).

Originea pteridofitelor. Se consideră că la originea acestor plante stau alge verzi cambriene (Chaetophorales) care trăiau în zona de flux - reflux a litoralului marin. Pteridofitele au apărut în Silurianul superior și au dominat vegetația de uscat din Carbonifer și Permian, contribuind la formarea a imense depozite de cărbuni. Reprezintă grupul de origine al spermatofitelor.

Clasificare. Pteridofitele cuprind 4 clase mai importante: Psilopsida, Lepidopsida, Arthropsida și Filicopsida.

Clasa PSILOPSIDA (PSILOPHYTOPSIDA, PSILOPHYTATAE)

Cuprinde cormofite primitive, primele plante de uscat cunoscute în stare fosilă, din intervalul Silurian superior - Devonian. Psilopsidele sunt plante ierboase sau lemnoase (arbuști), izospore, lipsite de rădăcini, cu o tulpină aeriană mai mult sau mai puțin ramificată (de obicei dichotomic). Tulpina, verde, asimilatoare este, la majoritatea speciilor, lipsită de frunze (gr. *psilos* – fără, lipsit de). La unele specii apar primordii foliare sau frunze mici (microfile). Epiderma, cutinizată, prezintă stomate pentru realizarea schimbului de gaze cu mediul. Tulpina subterană este un rizom cu sau fără rizoizi.

Ordinul Rhyniales

Cuprinde primele pteridofite, apărute în Silurian. Rhynialele au o deosebită importanță filogenetică deoarece sunt considerate strămoșii celorlalte cormofite.

Rhynia (Fig. 24-A) (Devonian mediu, Scoția) avea tulpina aeriană de până la 20 cm înălțime și 5 - 6 mm grosime, ramificată dichotomic și fără frunze. Fiecare ramură se termină cu sporangi alungiți. Structura anatomică este simplă de tip *protostel*: o coloană centrală de lemn înconjurată de un cilindru de liber. Scoarța era acoperită la exterior de un strat de celule epidermice protejate la exterior de o cuticulă groasă. Măduva, ca și razele medulare, lipsesc. Rizomul prezintă rizoizi.

Rhynialele au avut o mare dezvoltare în Devonian și au dispărut la sfârșitul Devonianului.

Ordinul Psilophytales

Cuprinde psilopside foarte răspândite în Devonian, la care tulpinile sunt prevăzute cu emergențe sub formă de de peri, spini sau frunze solzoase.

Psilophyton (Fig. 24-B) (Devonian inferior-mediu) era mai bine dezvoltat decât *Rhynia*, având circa 30 cm înălțime, cu tulpini aeriene ramificate dichotomic, cu vârfurile răsucite, terminate cu sporangi anatropi (nutanți), grupați în perechi. La partea inferioară a tulpinilor se găsesc formațiuni spiniforme. Rizomul prezintă rizoizi. A fost descoperită în Europa și America de Nord.

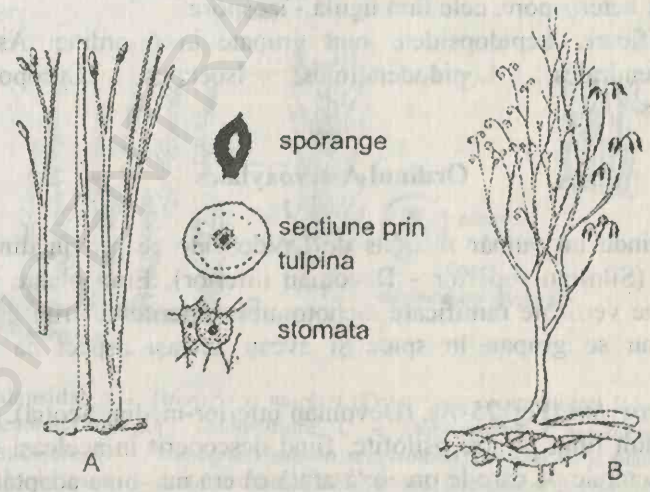


Fig. 24. **Psilopsida**. A – *Rhynia major* (Devonian), reconstituire; B – *Psilophyton princeps* (Devonian), reconstituire (după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981).

Distribuție stratigrafică. În stare fosilă, psilofitele se cunosc din Silurianul superior și Devonian (circa 20 de genuri).

În flora actuală au supraviețuit 2 genuri cu 6 specii de arbuști, încadrate în Subclasa Psilotopsida, Ordinul Psilotales. Psilofitele reprezintă un important nod filogenetic în evoluția cormofitelor.

Clasa LEPIDOPSIDA (LYCOPSIDA, LYCOPODIOPSIDA, LYCOPODIATAE)

Cuprinde pteridofite apărute din Silurian, cu cormul alcătuit din rădăcină (primară și adventivă), tulpină și frunze, bine individualizate. Sunt plante ierboase (actuale și fosile) sau lemnoase – arbori și arbuști (numai fosile) – cu tulpina ramificată dichotomic. Tulpina este alcătuită din lemn primar, lemn secundar, liber și scoarță.

Frunzele formelor fosile lemnoase erau mici (microfile), lineare sau liniar-lanceolate, cu o nervură mediană (uninerve) și dispuse în șiruri spirale. După căderea frunzelor, pe scoarță rămâneau urme sau cicatrici foliare caracteristice diferitelor genuri și specii. La anumite familii (Lepidodendraceae, Sigillariaceae, Selaginellaceae) frunzele prezintă *ligulă*, un țesut mucilaginos ce se dezvoltă la baza și pe fața superioară a frunzei, cu rol în absorbția și acumularea apei.

Sporangii se formează la subsuara frunzelor sau deasupra lor, dar, de obicei, se grupează în spice sau conuri terminale (strobile) care conțin macrosporii și microsporii. Sunt eusporangiate. Lepidopsidele ligulate (actuale și fosile) sunt heterospore, cele fără ligulă - izospore.

Clasificare. Lepidopsidele sunt grupate în 6 ordine: Asteroxylales, Protolepidodendrales, Lepidodendrales, Isoëtales, Lycopodiales și Selaginellales.

Ordinul Asteroxylales

Cuprinde un număr restrâns de lepidopside ce provin din formațiuni foarte vechi (Silurian superior - Devonian inferior). Erau plante ierboase cu tulpini aeriene verticale ramificate dichotomic acoperite cu frunze spiniforme. Sporofilele nu se grupau în spice și aveau același aspect ca și frunzele vegetative.

Asteroxylon (Fig. 25-A), (Devonian inferior-mediu, Scoția). Acest gen a fost inclus mult timp printre psilofite, fiind descoperit în aceleași depozite cu *Rhynia*. Caracterele pe care le prezintă arată că era mai bine adaptat la viața de uscat decât psilofitele. Rizomul, fără rizoizi, prezintă prelungiri cu aspect de rădăcini, tulpina aeriană cilindrică ramificată dichotomic. Tulpina și ramurile,

acoperite de frunze mici, nevascularizate, dispuse spiralat, era prevăzută terminal cu sporangi. În cadrul cilindrului central, lemnul are un aspect stelat în secțiune transversală (actinostel).

Ordinul Protolepidodendrales (Protolepidophytales)

Erau plante de talie mică, ierboase sau lemnoase, sub formă de arbuști cu tulpini târâtoare, de pe care se ridicau ramuri verticale dichotomice. Cilindrul central al cormului este de tip protostel și actinostel. Frunzele sunt mici, simple, bi- sau trifurcate și dispuse spiralat. La puține genuri stelul prezenta formațiuni secundare. Sporofilele, asemănătoare frunzelor, prezentau un început de grupare în regiuni fertile dar fără să formeze spice sau conuri sporifere. Toate sunt izospore.

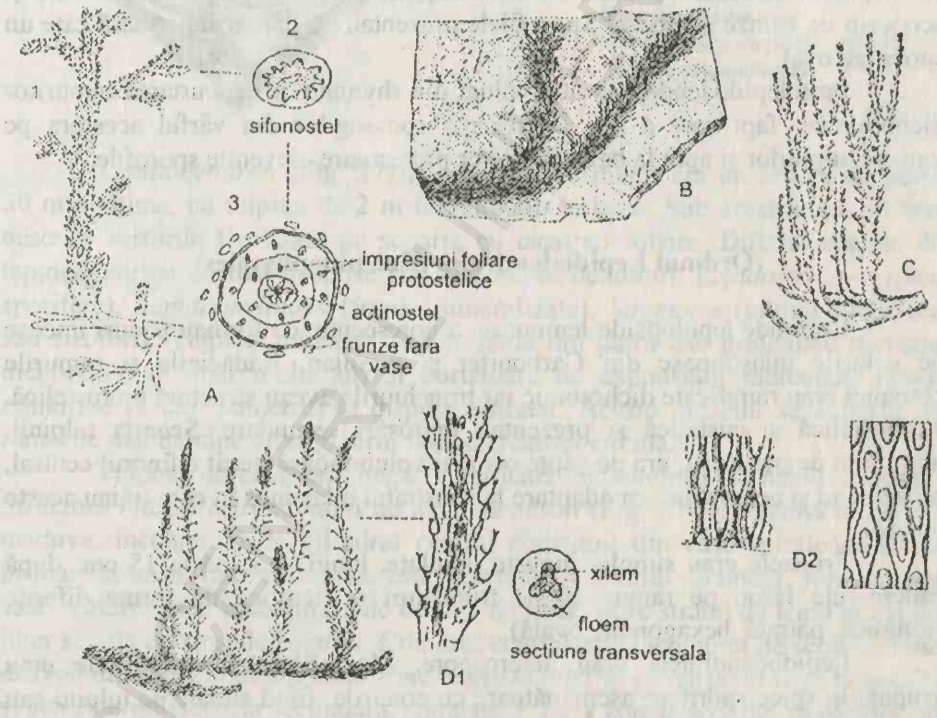


Fig. 25. **Lepidopsida**. A – *Asteroxylon mackiei* (Devonian), reconstituire; B – *Baragwanathia longifolia* (Devonian inferior), reconstituire; C – *Drepanophycus spinaeformis* (Devonian inferior), reconstituire; D – *Protolepidodendron scharianum*, reconstituirea plantei și detaliu de ramură (D1); detalii asupra perimițelor foliare (D2). (după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981).

Baragwanathia (Fig. 25-B) (baza Devonianului inferior, Australia) este cunoscută prin impresiuni de lujeri de până la 6,5 cm diametru ce aveau, probabil, câțiva metri înălțime. Frunzele erau simple, lineare, de 4 cm lungime dispuse foarte des în spirală. Rizomul prezintă urme de rădăcini. Sporangii sunt reniformi și dispuși la baza frunzelor numai în anumite zone ale ramurilor. Erau plante izospore.

Protolepidodendron (Fig. 25-D) (Devonian inferior-mediu), plantă ierbacee, de 15 - 30 cm înălțime, avea ramurile cu frunze bifurcate, dispuse în spirală; ramurile erau în întregime acoperite de bazele foliare, fuziforme, realizându-se în acest mod primele periniță foliare din cadrul lepidopsidelor. Sporangii erau dispuși pe fața superioară a sporofilelor, ce erau situate terminal, pe unele ramuri. A fost descoperită în toată Emisfera Nordică și în Australia.

Drepanophychus (Fig. 25-C) (Devonian, Emisfera Nordică, Australia) era o plantă ierboasă de circa 50 cm înălțime, cu lujerii de 4 cm grosime și acoperiți de frunze spinoase. Sporofilele prezentau pe partea superioară câte un sporange oval.

Protolepidodendralele au evoluat din rhyniale, prin scurtarea ramurilor dichotomice, fapt care a dus la trecerea sporangilor din vârful acestora pe laturile tulpinilor și apoi la baza frunzelor protectoare, devenite sporofile.

Ordinul Lepidodendrales (Eulepidophytales)

Cuprinde lepidopside lemnoase, arborescente, ce formau păduri imense pe solurile mlăștinoase din Carbonifer și Permian. Rădăcinile și ramurile coroanei erau ramificate dichotomic iar trunchiurile aveau structură protostelică, sifonostelică și eustelică și prezentau îngroșări secundare. Scoarța tulpinii, mărginită de periderm, era de șapte ori mai voluminoasă decât cilindrul central, prezentând și aerenchim, ca adaptare la substratul mlaștinos în care trăiau aceste plante.

Frunzele erau simple, înguste, ligulate, lungi de până la 15 cm; după cădere, ele lăsau pe ramuri și pe trunchiuri o cicatrice de forme diferite (rombică, pătrată, hexagonală, ovală).

Lepidodendralele erau heterospore. Macrofilele și microfilele erau grupate în spice sporifere asemănătoare cu conurile, fiind situate pe tulpini sau în vârful ramurilor. Microsporii erau foarte numeroși și mici în timp ce macrosporii erau puțini (16-4) și de dimensiuni mult mai mari (până la 3 mm diametru).

Macrosporangele fosil *Lepidocarpon* (Fig. 26) (Carbonifer) are o structură ce amintește de o sămânță primitivă. Pe sporofilă se dezvolta un singur macrosporange (pe fața superioară a acesteia), care conținea un singur

macrospor (nu 4). Macrosporangele era acoperit de o induzie (sporofila) care-l învelea ca un integument, lăsând o mică deschidere – micropilul, dând impresia unui ovul de spermatofit. În macrospor se forma un protal şi un arhegon cu oosferă iar după fecundaţie se dezvolta un embrion. Sub această formă, macrosporangele se desprindea de planta maternă, asemenea unei seminţe primitive. Spicele sporifere descrise ca *Lepidocarpon* aparţin arborilor de tip *Lepidophloios*.

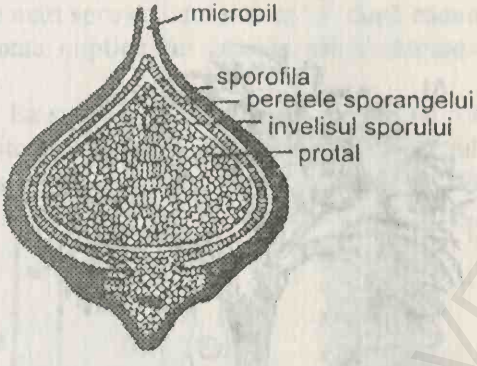


Fig. 26. ***Lepidocarpon lomaxi:*** schema unui macrosprange cu protal, în secţiune longitudinală

Lepidodendron (Fig. 27) (Carbonifer-Permian) era un arbore de peste 30 m înălţime, cu tulpina de 2 m în diametru la bază. Sub acest nume au fost descrise resturile fosilizate de scoarţă cu cicatrici foliare. Diferite organe de lepidodendroni au fost descrise sub mai multe denumiri: *Lepidostrobus* (spice sporifere), *Lepidophyloides* (frunze mineralizate), *Stigmaria* (tulpini subterane sau rizofori). Tulpina subterană era formată din patru axe principale divizate dichotomic de mai multe ori şi purtătoare de expansiuni radiculare lungi, cilindrice (1 cm diametru) şi dispuse spiralat. Aceste rădăcini se detaşau de ramurile mai bătrâne de stigmarii, lăsând cicatrici circulare.

Tulpina aeriană era bogat ramificată dichotomic, formând coroana. Structura internă a trunchiului de lepidodendron (Fig. 27-F) prezintă în centru măduva, înconjurată de cilindrul central constituit din vase spirale de lemn primar; la unele tulpini bătrâne este dezvoltat şi lemnul secundar, formată din vase scalariforme, înconjurate de un inel de liber. Între stratul de lemn şi cel de liber se află un strat de *cambiu*. Cilindrul central este înconjurat de scoarţă, bine dezvoltată, constituită din două zone: *scoarţa internă* (scoarţa primară lacunară) şi cea *externă* (scoarţa secundară, compactă). Între zonele scoarţei se găseşte un strat generator (*cambiu periferic*).

Frunzele, prinse pe tulpini şi ramuri, erau înguste, de 5-15 cm lungime, cu nervură mediană; după căderea lor rămâneau cicatrici foliare de formă rombică, dispuse spiral, conferind un aspect solzos scoarţei (gr. *lepidos* – solz; *dendron* – arbore). În partea centrală a cicatricilor se păstrează urmele

fasciculelor libero - lemnoase; sub ele se găsesc urmele țesutului aerifer (*parichnos*), cu rol în transpirație, iar în partea superioară se observă impresiunea ligulei (Fig. 27-D).

Conurile sporifere (*Lepidostrobus*) se formau la capătul ramurilor tinere și conțineau macrosporangi, la bază, și microsporangi, deasupra. Aceste conuri aveau dimensiuni diferite (1 - 7 cm în diametru și până la 50 cm lungime).

Lepidodendronii au format păduri imense în zonele mlăștinoase cu climă caldă de la sfârșitul Paleozoicului în Emisfera Nordică.

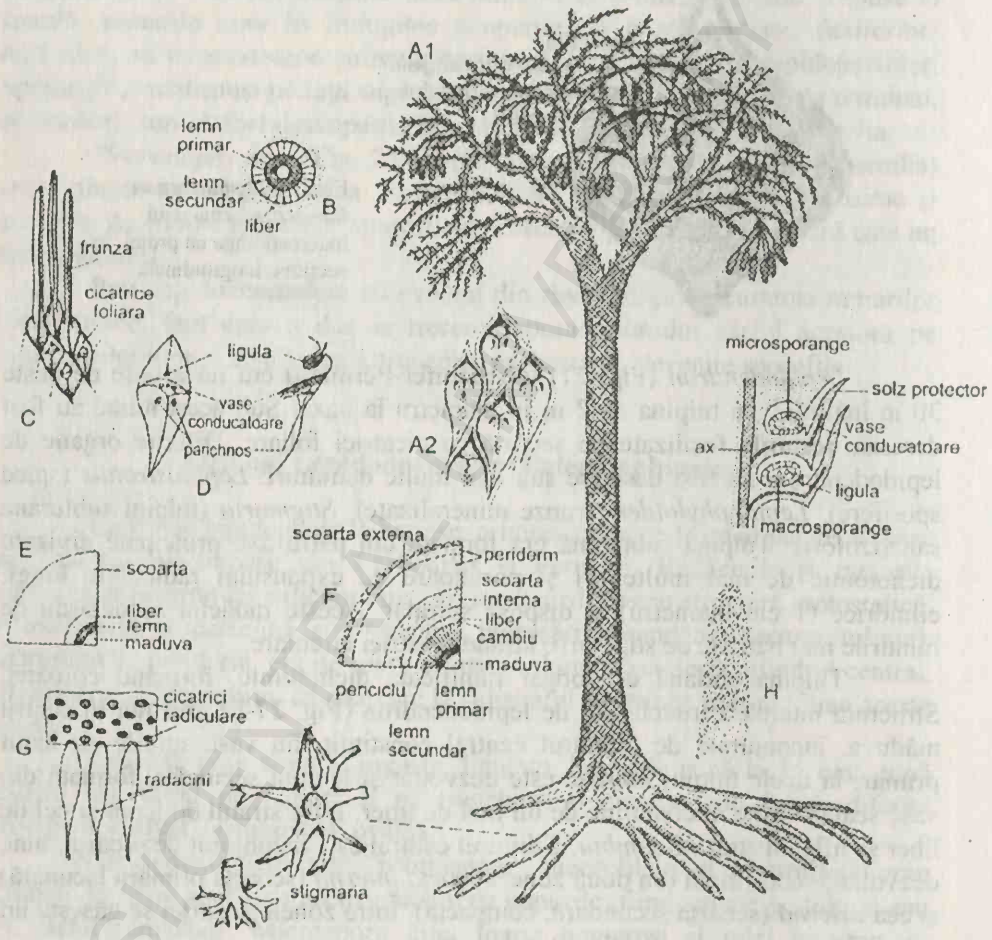


Fig. 27. ***Lepidodendron***. A1 – planta reconstituită; A2 - detaliu cu cicatrici foliare; B – structura unei ramuri; C – frunze și cicatrici foliare; D – cicatrice foliară (aspect exterior și secțiune schematică); E – structura tulpinii tinere; F – structura tulpinii adulte; G – stigmaria; H – *Lepidostrobus*, aspect general și schema secțiunii axiale (A, după I. Hodișan și I. Pop, modificat; B-D și H, după E. Manoliu și M. Orbocea; E-F după V. Barbu, 1968).

Sigillaria (Fig. 29-A-E) (Carbonifer-Permian) era un arbore cu aspect de palmier, de peste 30 m înălțime, cu o ramificare dichotomică redusă și situată la partea terminală.

Tulpina subterană, bine ramificată dichotomic, sub formă de stigmarii, formează un unghi drept cu tulpina aeriană, asigurând o bună stabilitate arborelui în terenul mlăștinos.

Frunzele, lungi și înguste (de până la 1 m lungime și numai 1 cm lățime), muchiate, erau dispuse pe ramuri în șiruri longitudinale, formând buchete mari spre capătul ramurilor; după căderea lor, rămâneau cicatrici foliare hexagonale, eliptice sau rotunde, asemănătoare cu niște sigilii, de unde le derivă numele.

La subgenul *Eusigillaria*, cicatricile foliare sunt bine individualizate și despărțite prin coaste longitudinale; la subgenul *Subsigillaria*, cicatricile foliare sunt neseparate de coaste longitudinale (Fig. 28).

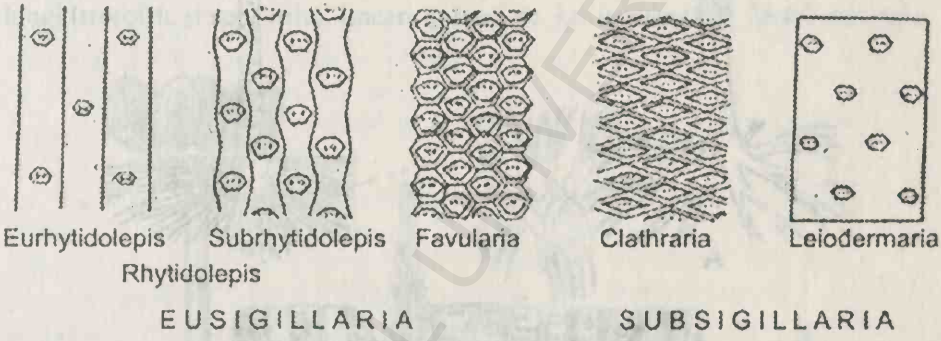


Fig. 28. **Tipuri de periniță foliare la *Sigillaria*** (după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981).

Sporofilele se grupau în spice (conuri) pedunculate, de până la 25 cm lungime, dispuse în verticile la baza buchetelor de frunze. Sigilariile au format păduri de amestec cu *Lepidodendron* în regiunile mlăștinoase din Europa și America de Nord.

Pleuromeia (Fig. 29-F) (Triasic), arbust dioic, cu trunchiul drept, neramificat, de circa 2 m înălțime și 10 cm în diametru la bază, avea la bază un rizofor gros cu 4 brațe scurte și întregi, prevăzut cu numeroase radicele filamentoase. Frunzele, înguste, dispuse spiralat, acopereau numai partea superioară a tulpinii; la jumătatea inferioară a tulpinii, ele cădeau lăsând cicatrici foliare specifice. În vârful tulpinii se dezvolta un spic sporifer, format din microsporofile la individul mascul sau din macrosporofile la cel femel. A fost descoperită în Europa Occidentală și Rusia.

Sigilariile arborescente au evoluat prin reducerea progresivă a taliei, spre isoetalele (Ordinul Isoëtales) fosile și actuale (2 genuri actuale) – plante

ierboase acvatice sau semiacvatice, cu tulpina scurtă și bulboasă și frunze lungi, liniare.

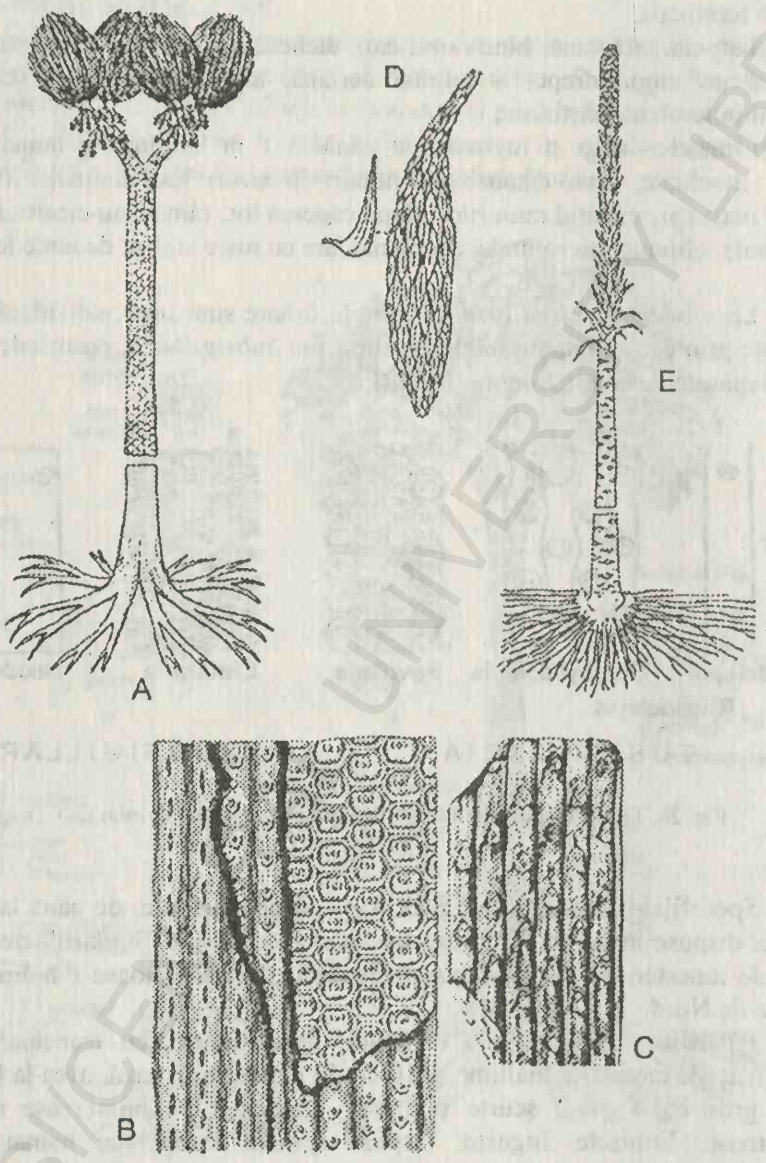


Fig. 29. **Sigillariaceae**. *Sigillaria* (A – E): A – planta reconstituită; B-C: scoarța de *Sigillaria*: B – *Sigillaria tesselata* (se văd trei pături de scoarță: în stânga, suprafața exterioară cu șiruri verticale de cicatrici foliare, la mijloc – stratul mediu, în dreapta stratul profund); C – *Sigillaria scutellata*; D – *Sigillariastrobus*; **Pleuromeiaceae**. E – *Pleuromeia sternbergi* (Triasic), reconstituire (A, E, după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981; B-C, după L. Davitașvili, 1956).

Distribuție stratigrafică. Originea lepidopsidelor se află în grupul psilofitelor; lepidopsidele au apărut, se pare, spre sfârșitul Silurianului (I. Petrescu și O. Dragastan, 1981); ele au fost plantele dominante din Paleozoicul superior, de când provin mari depozite de huilă. În Triasic au trăit ultimele lepidopside arborescente. Lepidopsidele au dat numeroase fosile caracteristice. Se cunosc în stare fosilă circa 100 de genuri ralativ sigure și tot atâtea incerte; în flora actuală au mai rămas doar 7 genuri, toate ierboase.

Ordinul Isoëtales

Cuprinde lepidopside ierboase, heterospore, cunoscute începând din Triasic, cu 2 genuri actuale (*Isoëtes* și *Stylites*). Isoetaceele actuale sunt plante acvatice sau subterestre, formate dintr-o axă bulboasă unică sau dichotomizată, cu structură actinostelică, ce poartă în partea superioară un buchet de frunze lungi (trofofile și sporofile), lineare și ligulate. La *Isoëtes* (Fig. 30-D), frunzele

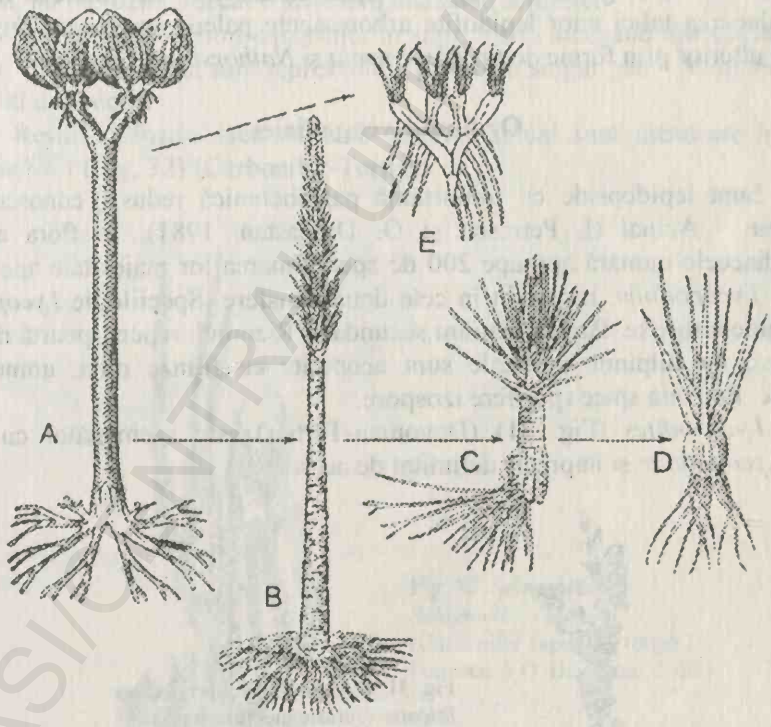


Fig. 30. **Evoluția probabilă a isoetalelor din lepidopsidele arborescente paleozoice**: A – *Sigillaria*; B – *Pleuromeia*; C – *Nathorstiana*; D – *Isoëtes*; E – *Stylites* (după I. Hodișan și I. Pop, 1976, modificat).

sunt străbătute de 4 canale aerifere. În sol, *Isoëtes* prezintă un rizofor tuberculiform cu numeroase radicele, asemănător celui de *Pleuromeia* (Fig. 30-B), iar la *Stylites* (Fig. 30-E) se găseşte o tulpină subterană ramificată dichotomic, prevăzută cu rădăcini adventive.

Isoëtites (Triasic) grupează o mare varietate de specii care, prin caracterele lor, se aseamănă cu genul actual *Isoëtes*.

Nathorstiana (Fig. 30-C) (Cretacic inferior) era o plantă cu tulpina foarte scurtă, având un buchet de frunze subulate în partea superioară iar la partea bazală, un rizofor cvadrilobat prevăzut cu rădăcini care, prin detaşare lăsau cicatrici. Planta avea numai 10 cm înălţime iar frunzele erau de 5 cm lungime.

Isoetaceele sunt considerate eulepidofite în miniatură la care sporofilele nu sunt grupate în spice ci alternează cu frunzele sterile (aceste caractere se regăsesc şi la eulepidofitele arborescente din Carbonifer, din Familia Pinakodendraceae). Referitor la natura tulpinii bulboase, cei mai mulţi cercetători au omologat-o cu *Stigmaria* lepidodendralelor. Isoetalele ar fi apărut prin reducerea taliei unor lepidofite arborescente paleozoice de tip *Sigillaria*, trecând ulterior prin forme de tip *Pleuromeia* şi *Nathorstiana* (Fig. 30).

Ordinul Lycopodiales

Sunt lepidopside cu importanţă paleobotanică redusă, cunoscute din Devonian - Actual (I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981). În flora actuală, lycopodiaceele numără aproape 200 de specii, marea lor majoritate aparţinând genului *Lycopodium*, răspândit în cele două emisfere. Speciile de *Lycopodium* sunt plante ierboase, fără formaţiuni secundare. Rizomul, repent, poartă rădăcini adventive iar tulpinile verticale sunt acoperite cu frunze mici, uninerve şi aligulate. Prezintă spice sporifere izospore.

Lycopodites (Fig. 31) (Devonian-Terţiar) este asemănător cu genul actual *Lycopodium* şi imprecis delimitat de acesta.

Fig. 31. **Lycopodiales**. *Lycopodites falcatus* (Jurasic mediu) (după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981)

Ordinul Selaginellales

Cuprinde ierburi sau liane heterospore, cu microfile ligulate, dispuse opus sau altern, şi tulpini repente (rizofore) cu rădăcini adventive. Ligula este o anexă solzoasă situată la baza frunzelor, cu rol în absorbţia şi acumularea apei. Tulpina are la interior un cilindru central de tip protostel, polistel, actinostel, sifonostel şi solenostel. Sporofilele sunt grupate în spice sporifere situate în vârful ramurilor ascendente.

Prin unele analogii, selaginelalele se aseamănă cu spermatofitele. Generaţia gametofitică la selaginelale s-a redus foarte mult în volum, rămânând adăpostită în spor, pe care nu-l părăseşte. Protalul femel se dezvoltă la unele specii pe planta însăşi, în macrosporange; după fecundare, în macroprotal se dezvoltă un embrion din care ia naştere plantula; aceasta apare înaintea diseminării sporilor şi dezvoltă două frunze cotiledonare asemenea seminţelor de dicotiledonate. Remarcăm, însă, că aceste dezvoltări se realizează în afara oricăror legături histologice cu planta mamă iar macrosporul, cu macroprotal şi embrion, nu reprezintă decât o structură analoagă seminţei.

Selaginellalele sunt cunoscute în stare fosilă începând din Carboniferul inferior. În flora actuală sunt reprezentate printr-un singur gen – *Selaginella* (cu circa 700 de specii).

Resturile fosile asemănătoare genului actual sunt încadrate în genul *Selaginellites* (Fig. 32) (Carbonifer-Terţiar).

Fig. 32. **Selaginellales**. *Selaginellites gutbieri* (Carbonifer superior), (după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981)

Clasa ARTHROPSIDA (SPHENOPSIDA, EQUISETOPSIDA)

Cuprinde numeroase plante fosile, ierboase sau lemnoase (arbori, arbuşti, liane) cu rădăcină primară şi rizom şi tulpină monopodială articulată, cu ramuri verticilate.

Tulpinile şi ramurile sunt alcătuite din internoduri lungi, separate prin noduri scurte. Frunzele, în general mici, sunt grupate la nivelul nodurilor în verticile; la Equisetaceae ele sunt *vaginate* (concrescute la bază într-o teacă cilindrică). Este de remarcat prezenţa formaţiunilor lemnoase secundare la unele articulate din Paleozoicul superior (*Calamites*).

Sporangii se formau pe faţa inferioară a sporofilelor care erau grupate în strobile (spice) la vârful ramurilor şi al tulpinilor (Fig. 33). Articulatele actuale sunt izospore.

Articulatele au provenit, pe parcursul Devonianului, din rhyniale cu un început de articulaţie a tulpinilor şi a ramurilor. Ele reprezintă o linie evolutivă închisă (din care nu a mai evoluat alt grup de plante), care s-a desfăşurat paralel cu cea a licopsidelor şi filicopsidelor. Articulatele au avut un rol important în flora carboniferă şi permiană.

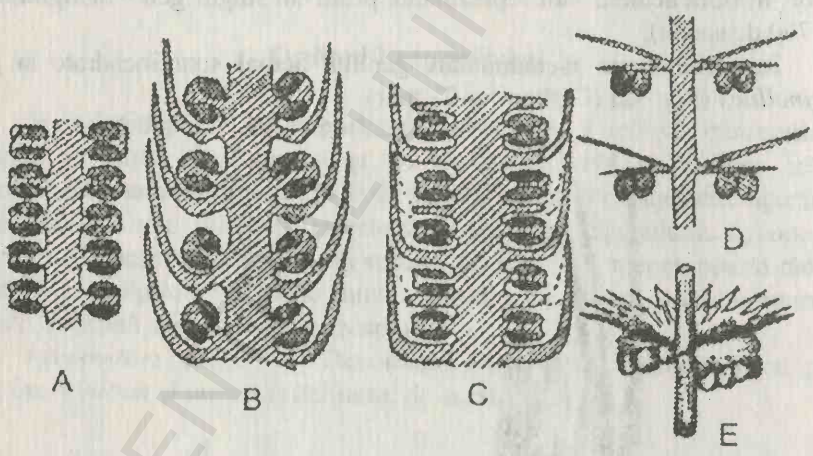


Fig. 33. **Conuri sporifere la articulatele fosile (secţiuni longitudinale schematice)**: A – *Asterocalamites scrobiculatus*; B – *Palaeostachya gracilis*; C – *Calamostachys binneyana*; D şi E – *Cingularia typica* (după L. Davitaşvili, 1956).

Ordinul Hyeniales (Protoarticulatae)

Cuprinde numai pteridofite devoniene ce fac legătura între rhyniale şi articulatele propriu-zise. Se prezentau sub formă de arbuşti cu tulpini şi rizom neregulat articulate. Frunzele mici, de mai multe ori dichotomic ramificate, erau

dispuse pe ramuri în verticile. Sporangii, situați în vârful sporangioforilor bifizi și recurbați, erau situați la extremitatea ramurilor.

Hyenia (Fig. 34) (Devonian mediu, Europa, Rusia, Argentina), arbust la care lujerii sterili și fertili, de circa 25 cm înălțime, se înălțau vertical dintr-un rizom târâtor. Articulația tulpinilor este puțin exprimată. Axele fertile poartă în partea terminală spice sporifere laxe, unde sporangii, ovoizi, se grupează câte doi sau trei. Prin caracterele lor, hyenialele fac legătura între rhyniale și equisetale.

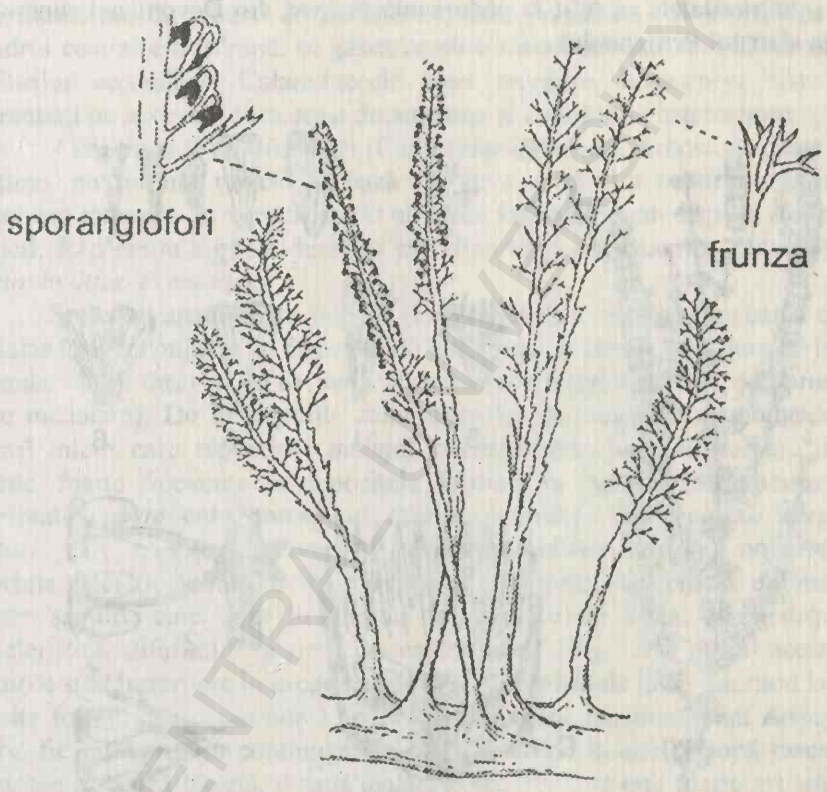


Fig. 34. **Hyeniales**. *Hyenia elegans* (Devonian inferior - mediu), reconstituire (după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981)

Ordinul Sphenophyllales

În acest ordin se grupează articulate ierboase, unele liane, cu tulpini de obicei ramificate, flexibile, lipsite de măduvă, la care coastele externe, puțin numeroase, nu alternează de la un internod la altul. Frunzele, în general mici, în

număr de 3, 9, 12, dispuse în verticile, prezintă diferite grade de concreştere la bază. Spicele sporifere sunt compacte şi au poziţie terminală sau laterală.

Sphenophyllum (Fig. 35-A) (Carbonifer) este reprezentat prin tulpini flexibile de cel mult 1,5 cm grosime (era probabil o liană). Frunzele, dispuse în verticile la noduri, erau uniforme sau neuniforme (heterofilie) şi variate morfologic în funcţie de specie (cuneiforme, ovale etc. – Fig. 35-B). Spicele sporifere se prezintă sub forma unor conuri lungi de 3 - 5 - 10 cm şi cu diametrul de 1 - 2,5 cm, având printre sporofile şi verticile de microfile sterile (Fig. 35-C).

Sfenofilalele au trăit în păduri mlăştinoase, din Devonianul superior şi până la sfârşitul Permianului.

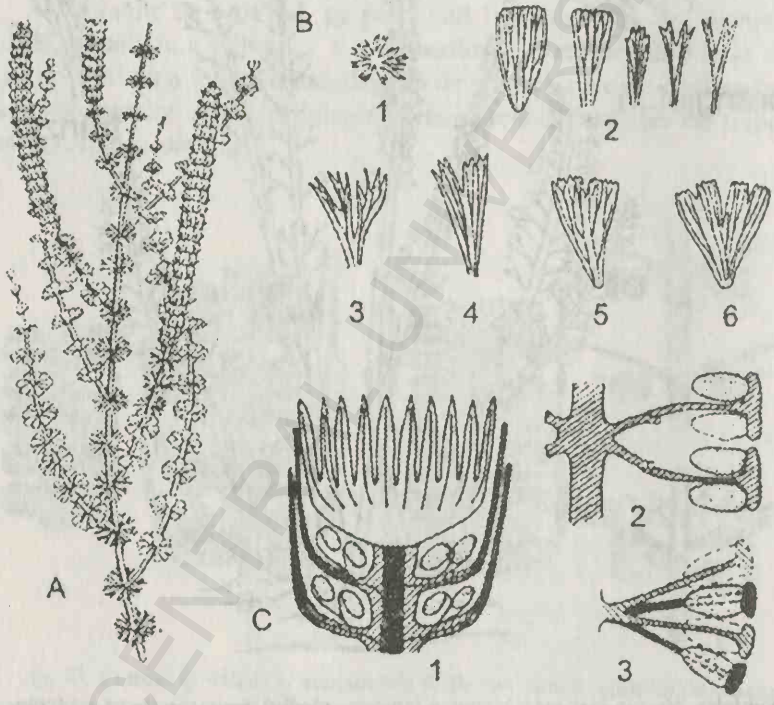


Fig. 35. **Sphenophyllales**. A – *Sphenophyllum cuneifolium* (Carbonifer), reconstituire; B – frunze de *Sphenophyllum*: 1 – *S. tenerrimum* (Devonian superior – Carbonifer mediu); 2 – *S. cuneifolium* (Carbonifer mediu); 3 – 6: *S. majus* (Carbonifer mediu); C – conuri sporifere la sfenofilale (schemă): 1 – *Sphenophyllum dawsoni* (secţiune mediană longitudinală prin 2 verticile; sus – verticile de frunze sterile văzute din exterior); 2 – *S. fertile* (secţiune mediană longitudinală în care se văd 2 sporangiofori: unul superior şi altul inferior, fiecare din ei se ramifică dicotomic); 3 – un sporangiofor în secţiune transversală (după L. Davitaşvili, 1956).

Ordinul Equisetales

Este ordinul cel mai important al articulatelor şi singurul care mai are reprezentanţi în flora actuală. Frunzele, verticilate, pot rămâne libere sau se sudează la bază într-o teacă (frunze vaginate). Spicele sporifere sunt formate din sporofile grupate în verticile, cu sau fără participarea de frunze sterile. Equisetalele sunt izo- sau heterospore.

Familia Calamitaceae. Este familia care prezintă cea mai mare importanţă paleontologică din acest ordin. Cuprinde articulate cu port arborescent sau de arbuşti de până la 10, excepţional 20 - 30 m înălţime. În cilindrul central din tulpină, se găsea cambiu intrafascicular care dădea naştere ţesuturilor secundare. Calamitaceele erau izospore, homospore (cu sporii diferenţiaţi pe sexe dar de aceeaşi dimensiune şi formă) sau heterospore.

Calamites (Fig. 36, A-D) (Carbonifer-Permian). Arbore de peste 10 m înălţime, cu tulpina groasă la bază de circa 1 m. La nodurile tulpinii se dispuneau ramurile, în verticil, iar la nodurile ramurilor erau dispuse frunzele în verticil. Rădăcinile au fost descrise sub diferite nume generice: *Astromyelon, Myriophyllites, Pinnularia.*

Structura anatomică a tulpinii (Fig. 36-D-E) evidenţiază un canal central medular larg, înconjurat de fascicule de lemn primar care se continuă cu lemnul secundar. Între fasciculele de lemn pătrund raze interfasciculare de parenchim (raze medulare). De la tulpinile calamitaceelor se păstrează de obicei numai miezul intern care reprezintă mulajul cavităţii medulare. Pe aceste mulaje interne, foarte frecvente în depozitele formate în Paleozoicul superior, sunt imprimate *coaste* care corespund razelor medulare; între coaste se găsesc *şanţuri*, care corespund *canalelor aerifere* (*canale costale*) apărute prin resorbţia unei porţiuni din lemnul primar în partea învecinată cu măduva. Aceste şanţuri, care apar în dreptul fasciculelor de lemn, au o dispoziţie caracteristică diferitelor genuri de calamitacee (Fig. 36-F). La acest gen, şanţurile sunt întrerupte în dreptul nodurilor, alternând de la un internod la altul. La alte forme (*Mesocalamites*), şanţurile mulajelor medulare sunt dispuse fie altern, fie suprapus (în continuare de la un internod la altul). După fasciculele lemnoase urmează liberul, dispus inelar, şi scoarţa care este foarte groasă şi cu numeroase lacune. Prezenţa canalelor aerifere şi a lacunelor constituie adaptări la modul de viaţă semiacvatic. Diferitele structuri ale tulpinii au fost descrise sub numele: *Calamites, Arthropitys, Calamodendron, Artroxylon.* Structura tulpinii la calamitacee este foarte asemănătoare cu cea a equisetalelor obişnuite de care se deosebeşte prin prezenţa lemnului secundar.

Frunzele de *Calamites* (Fig. 36-G-J) erau mici, lanceolate şi dispuse sub unghiuri ascuţite faţă de axa purtătoare, deci ridicate (*Asterophyllites*), sau alcătuiau verticile ca nişte rozete, cu frunzele unite prin bazele lor (*Annularia*).

Spicele sporifere erau constituite din verticile fertile, în partea superioară, şi sterile (bractee), în partea inferioară; au fost descrise sub diferite denumiri (*Calamostachys* (Fig. 33-3), *Palaeostachya* (Fig. 33-2) etc).

Calamitaceele se aseamănă cu equisetalele prin tulpini şi ramuri articulate dar, după structura anatomică a lemnului, sunt apropiate de lycopodiale.

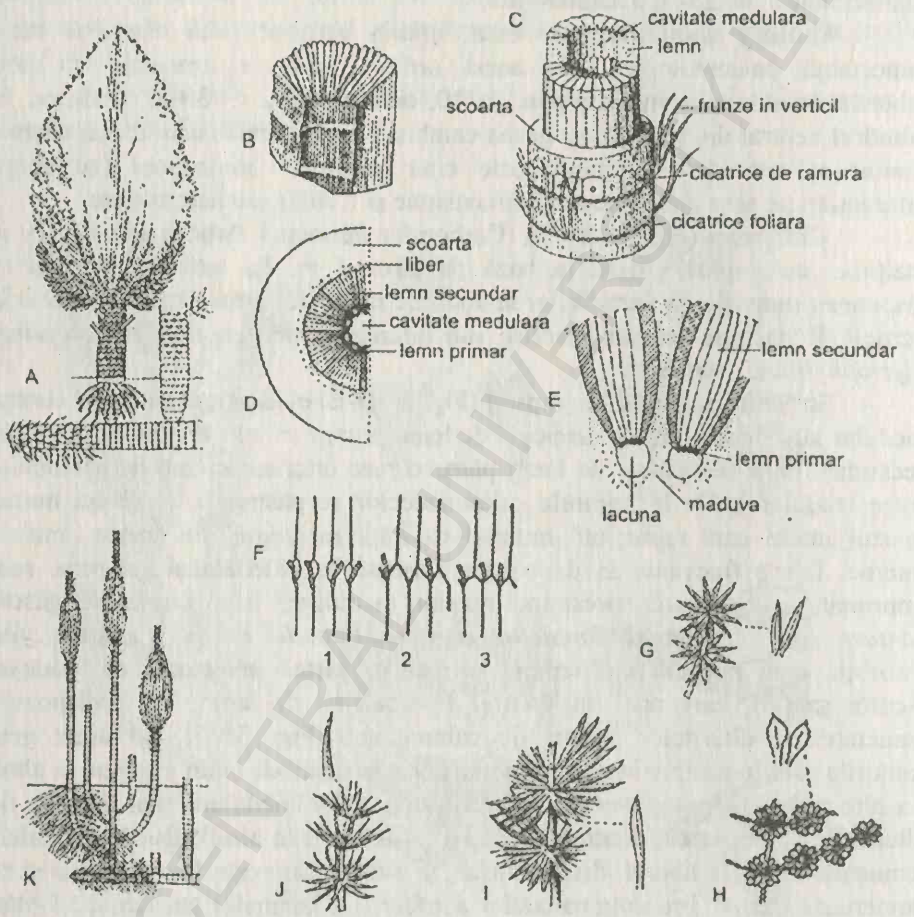


Fig. 36. **Calamitaceae**. *Calamites* sp. (A-D): A – planta reconstituită; B – porţiune de cilindru lemnos pietrificat (Permian inferior); C – fragment de tulpină; D – secţiune transversală prin tulpină; E – fascicule de lemn; F – şanţurile şi poziţia frunzelor la: 1 - *Archaeocalamites*; 2 – *Calamites*; 3 – *Equisetum*; frunze de calamitacee (G-J): G – *Annularia radiata*; H – *Annularia sphenophylloides*; I – *Annularia stellata*; J – *Asterophyllites equisetiformis*; K – *Stylocalamites* sp., reconstituire; (A, C, K, după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981; B după L. Davitaşvili, 1956; D-J după V. Barbu, 1968).

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Stylocalamites (Fig. 36-K) (Carbonifer superior-Permian inferior) erau calamitacee ce se ramificau la nivelul rizomului sau în partea subterană a tulpinii principale. Lemnul secundar era slab dezvoltat.

Familia Phyllothecaceae. Cuprinde câteva zeci de specii răspândite cu precădere în spațiul gondwanian, din Carbonifer superior - Cretacic inferior. Frunzele sterile, verticilate, sunt unite, mai mult sau mai puțin, spre partea lor bazală.

Phyllotheca (Fig. 37-A-B) (Carbonifer superior-Cretacic inferior) este genul cel mai reprezentativ. Tulpina principală, de până la 2 cm în diametru, prezenta coaste fine longitudinale, care nu erau dispuse altern de la un nod la altul. Frunzele sunt subțiri, plate, cu marginea întreagă și nervuri mediane simple; ele se unesc spre bază, formând o teacă care, rareori, ajunge să atingă jumătate din lungimea frunzelor. Spicele sporifere, de pînă la 7 cm lungime și 7 mm în diametru, sunt alcătuite din verticile de bractee sterile (la nivelul nodurilor) asociate cu verticile de sporangiofori (la nivelul internodurilor).

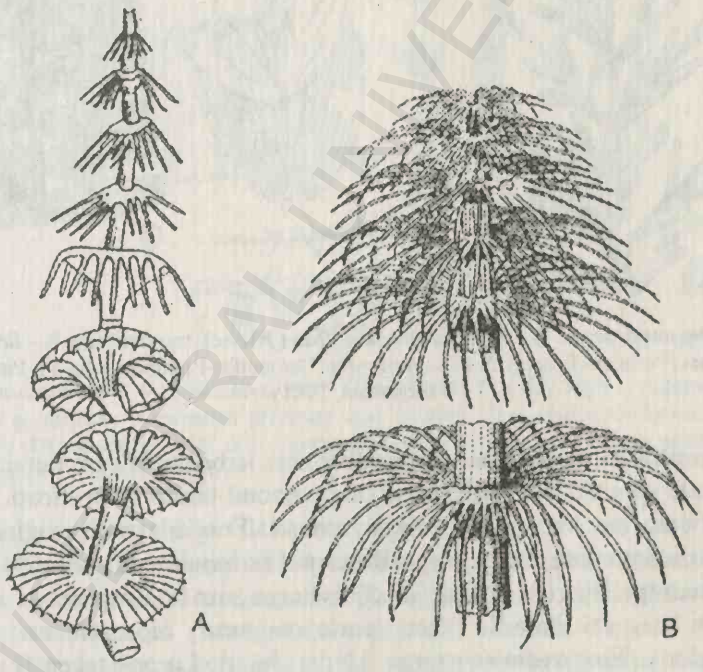


Fig. 37. **Phyllothecaceae**. A – *Phyllotheca etheridgei* (Permian), reconstituire; B – *Phyllotheca equisetitoides* (Permian), reconstituire (după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981).

Familia Schizoneuraceae. Cuprinde articulate din Carbonifer-Jurasic, cu frunzele unite lateral, alcătuind lobi foliari complecşi.

Schizoneura (Fig. 38-A-C) este unul dintre genurile cele mai importante ale florei carbonifer-permiene cu *Glossopteris*. În zona uscatului Angara este prezentă în permo-triasic iar în Europa este citată din formaţiuni triasic-jurasice. Se caracterizează prin lobi foliari lungi, opuşi, în număr de 2, mai mult sau mai puţin divizaţi.

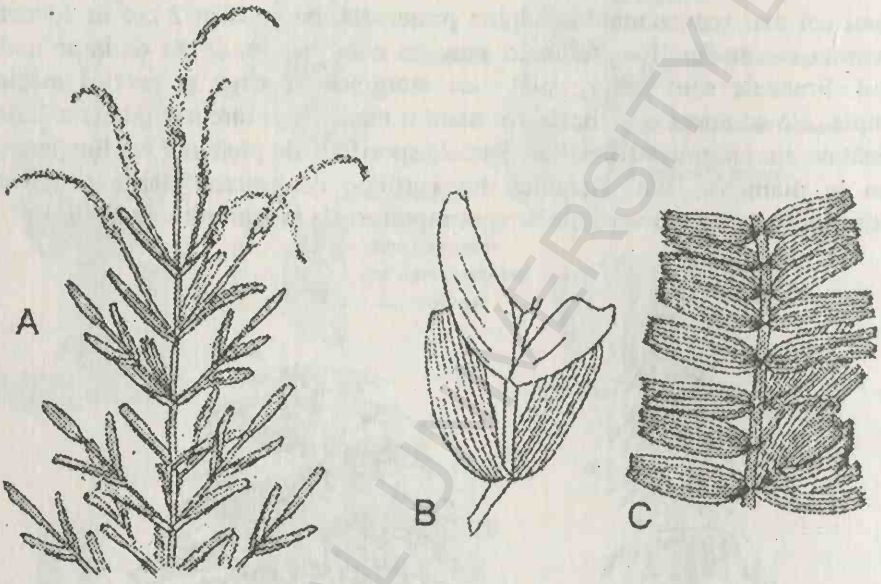


Fig. 38. **Schizoneuraceae**. A – *Schizoneura paradoxa* (Triasic), reconstituire; B – *Schizoneura gondwanensis* (Permian-Triasic); *S. manchuriensis* (Carbonifer-Permian), (după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981)

Familia Equisetaceae. Cuprinde plante ierboase la care ramurile sterile sau fertile ale sporofitului se dezvoltă de pe rizomi târâtori ramificaţi. Tulpinile sunt ramificate sau nu şi au foliaţia redusă. Frunzele sunt vaginate şi cu nervaţiune dichotomică. Spicele sporifere sunt terminale, cu sporofile peltate şi sporangi anatropi. Speciile actuale de equisetacee sunt homospore.

Din această familie face parte singurul reprezentant actual al arthropsidelor – *Equisetum* (cu circa 32 de specii). La acest gen (Fig. 39-B), tulpinile aeriene sterile au înălţimi de la câţiva centimetri la mai mulţi metri (*E. giganteum* din America de Sud), dar nu depăşesc câţiva centimetri în grosime. În stare fosilă, o formă asemănătoare este reprezentată de genul *Equisetites* (Fig.39-A) (Carbonifer-Cretacic), din Emisfera Nordică, care a atins apogeul în Triasic. Acest gen se deosebeşte de speciile actuale de *Equisetum* prin dezvoltarea formaţiunilor secundare libero-lemnoase.

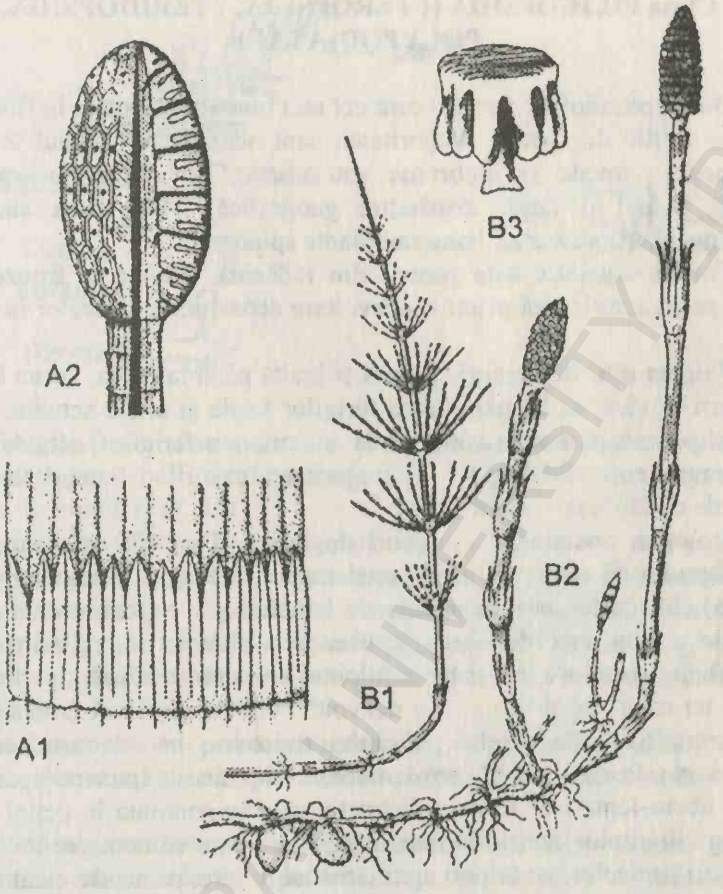


Fig. 39. **Equisetaceae**. A – *Equisetites*: A1 – *E. muensteri* (Liasic), regiune internodală; A2 – reconstituire şi secţiune schematică printr-un spic sporifer; B – *Equisetum arvense* (Actual), ramuri sterile (B1) şi fertile (B2); B3 - sprangiofor (A, B1-2 după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981, B3 după L. Davitaşvili, 1956)

Distribuţie stratigrafică. Articulatele au apărut, în stare fosilă, în Devonian (deşi ar putea fi mai vechi, din Silurianul superior), având originea în rhyniale străvechi şi au atins apogeul în Carbonifer (când, datorită formaţiunilor lemnoase secundare, au putut produce cantităţi mari de material lemnos ce aveau să stea la baza genezei multor strate de huilă). Deşi la sfârşitul Paleozoicului se constată regresul artropsidelor, aceste plante continuau să fie numeroase în Triasic. În Jurasic ele au devenit sporadice, declinul evolutiv accentuându-se în perioadele ce au urmat, situaţie care se manifestă şi în prezent.

Clasa FILICOPSIDA (PTEROPSIDA, PTERIDOPSIDA, POLYPODIATAE)

Dintre pteridofite, *ferigile* sunt cel mai bine reprezentate în flora actuală (în jur de 10000 de specii). Majoritatea sunt adaptate la mediul terestru, în locuri variate, umede şi umbroase sau uscate, din regiunile tropicale şi temperate, având o largă răspândire geografică. Majoritatea sunt plante ierbacee, unele arborescente, liane sau plante spinoase.

Corpul vegetativ este format din rădăcină, tulpină şi frunze. Aceste sporofite se caracterizează printr-o dezvoltare deosebită a frunzelor în raport cu tulpina.

Tulpina este fie dreaptă, groasă şi înaltă până la 20 m, cu un buchet de frunze mari în vârf, ca la majoritatea ferigilor fosile şi unele actuale, fie mică, subterană, perenă, numită rizom, ca la majoritatea ferigilor actuale şi unele fosile. Lemnul secundar lipseşte. În majoritatea cazurilor, lemnul este alcătuit din traheide cu îngroşări scalariforme.

Structura anatomică a tulpinii de ferigă (Fig. 40) este caracteristică datorită faptului că stelul nu are acelaşi aspect în lungul întregii tulpini (este polistelică). La partea bazală, vasele de lemn ocupă o poziţie centrală, fiind înconjurate de un inel de vase de liber şi alcătuind un cilindru compact (*protostel*). În porţiunea mediană a tulpinii, în centrul cilindrului lemnos, se formează un canal axial în care se dezvoltă celulele măduvei (*solenostel*). La locul de ramificare, la nivelul peţiolului frunzelor, în solenostel se produc întreruperi ale fasciculelor libero-lemnoase, din aceste puncte apărând alte cordoane libero-lemnoase foliare, distincte, care se continuă în peţiol. Această structură a cilindrului central la nivelul de ramificare se numeşte *dictiostel*. În urma căderii frunzelor, pe tulpini apar cicatrici foliare; pe aceste cicatrici se pot observa urme ale sistemului de vase sub forma unor impresiuni arcuite numite *urme foliare*.

Frunzele ferigilor străvechi erau fie integral caulinare, reprezentate de ramificaţii subţiri, uşor turtite la vârf (*filofore*), fie parţial caulinare, adică prevăzute şi cu foliole mici. La ferigile evoluate, frunzele sunt mari (macrofile), multinervate, foarte complicate (lobate, sectate, compuse, rareori întregi), atingând până la 2 m lungime şi numite *fronde* (Fig. 41). Acestea sunt alcătuite din *pene*, care la rândul lor sunt formate din *pinule* (foliole). Pinulele se inseră pe o axă numită *rahis* (de ordin secundar sau terţiar); rahisul principal care poartă rahisele secundare ale penelor are o inserţie spirală pe tulpină.

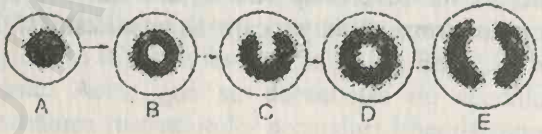


Fig. 40. **Structura polistelică a tulpinii la filicopside**: A – protostel; B – solenostel; C-E – dictiostel (după V. Barbu, 1968).

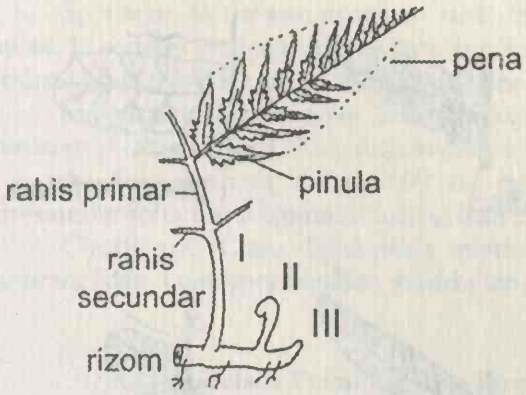


Fig. 41. **Frondă**. I, II, III – ordinea apariției frondelor pe rizom (după V. Barbu, 1968).

Ferigile fosile sunt cunoscute, îndeosebi, pe baza impresiunilor foliare. După forma pinulei şi felul nervațiunii, se deosebesc următoarele tipuri principale de pinule (Fig. 42):

- *sfenopteridian* – prezintă pinule mici, mai mult sau mai puțin lobate, cu baza îngustată; din nervura principală pornesc ramificații în fiecare lob;

- *pecopteridian* – pinule în general mici, prinse de rahis prin toată lățimea lor; marginile paralele sau convergente sunt de obicei întregi (câteodată uşor ondulate); din nervura mediană, evidentă, ies nervuri secundare penat – dichotomice;

- *aletopteridian* – pinulele sunt mai mari decât în cazul anterior, iar baza pinulei este decurentă; în alte privințe, se aseamănă cu tipul precedent, din care derivă.

- *odontopteridian* – pinule, de dimensiuni mici, ataşate prin toată lățimea lor de rahis, ca la tipul pecopteridian, dar nu se evidențiază o nervură distinctă; nervurile pornesc direct din rahis;

- *neuropteridian* – pinule mici se ataşează de rahis printr-un singur punct; se individualizează o nervură mediană din care ies nervurile secundare;

- *dictiopteridian* – pinulele, în general mici, au nervațiunea secundară reticulată, ce se dezvoltă de o parte şi de alta a unei nervuri mediane bine exprimată; din acest tip au derivat două subtipuri: *glossopteridian* – când această nervură mediană apare dar este mai puțin pregnantă iar rețeaua nervurilor secundare este mai dezvoltată, şi *gangamopteridian*, când nervura mediană lipseşte.

- *teniopteridian* – pinulele lungi au marginile paralele; din nervura mediană ies nervuri secundare simple sau dicotomice.

Numeroase ferigi fosile poartă, în regiunea de inserție a ramificațiilor, formațiuni foliare numite *aflebii*. Prezența lor este un caracter de primitivitate.

Ulterior, s-a dovedit că multe din aceste tipuri de pinule aparțin altor plante ce nu fac parte din grupul ferigilor, fiind doar asemănătoare cu acestea

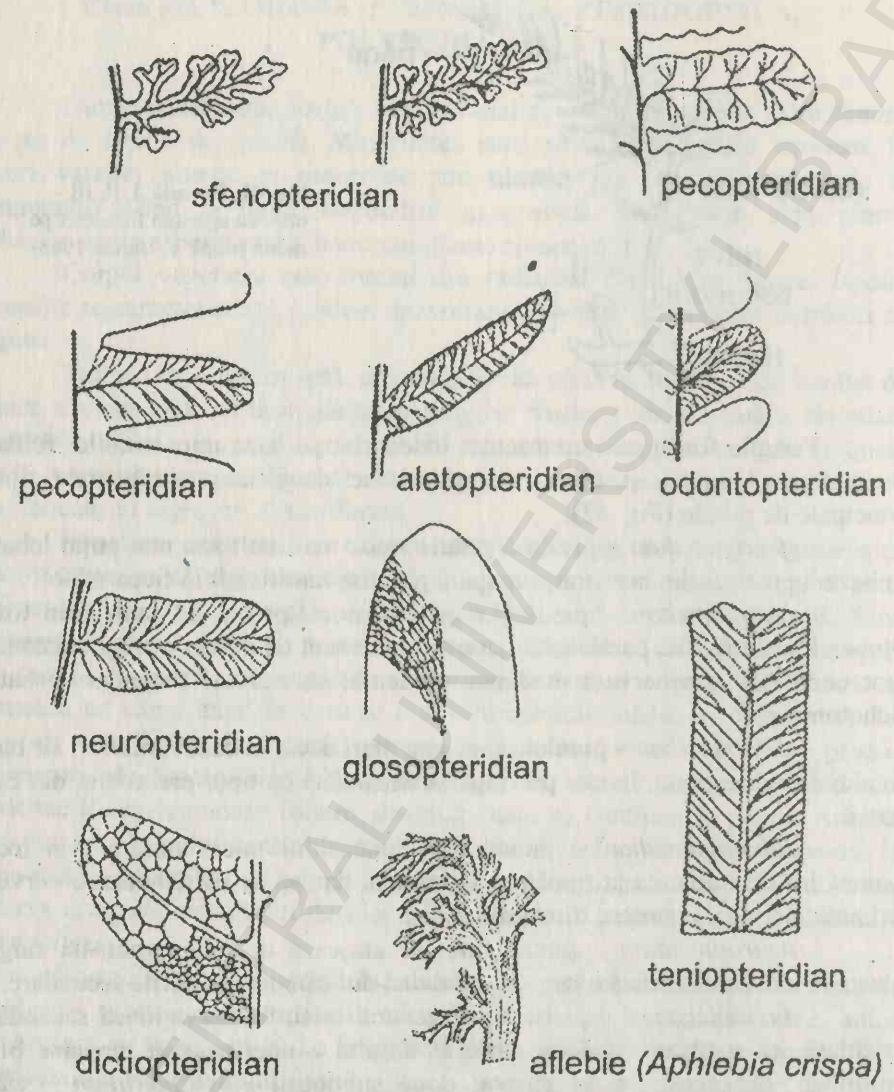


Fig. 42. **Filicopsida. Tipuri de pinule** (după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981).

(convergenţă foliară) şi anume pteridospermelor („ferigi cu sămânţă"), care sunt primele gimnosperme. Totuşi, reţinem tipul morfo-anatomic de pinule care este utilizat în descrierea ambelor categorii de plante.

Ferigile care trăiesc în locuri luminoase au frunzele divizate; cele care trăiesc în locuri umbroase au frunze late, mai puţin decupate.

Sporangii, la ferigile primitive sunt dispuşi axial, ca şi la rhyniale, în timp ce, la ferigile evoluate (dintre care şi cele actuale), sporangii sunt dispuşi pe frunze grupaţi în *sori*, pe marginea frunzelor sau pe faţa lor inferioară.

Majoritatea filicopsidelor sunt *izospore*; la unele grupe, se realizează *heterosporia* (*Stauropteris*, *Pseudosporochnus*, Hydropteridales).

Au fost descrise circa 3000 de specii de ferigi fosile pe baza impresiunilor foliare şi a lemnului fosil şi încă pe atâtea specii după spori.

Clasificare. Clasa Filicopsida cuprinde 5 subclase: Primofilicidae, Eusporangiidae, Leptosporangiidae, Hydropterididae şi Progymnospermidae.

Subclasa Primofilicidae (Protopteridiidae)

Cuprinde primele filicate, cu habitus arhaic, apărute în Silurianul superior, direct din rhynialele străvechi. Erau ferigi eusporangiate, cu început de heterosporie, cu frunze compuse, în curs de cladodificare.

Protopteridium (Fig. 43-A) (Silurian superior-Devonian, Europa, China), plantă de 35 cm înălţime, cu tulpina ramificată dichotomic, se termină cu *filofore* – rămurele terminale subţiri – cladodificate, asimilatoare, cu rol de frunze. Sporangii, ovoizi şi pedunculaţi, în curs de singenie, se găsesc la extremitatea ramurilor, grupaţi mai mulţi la un loc.

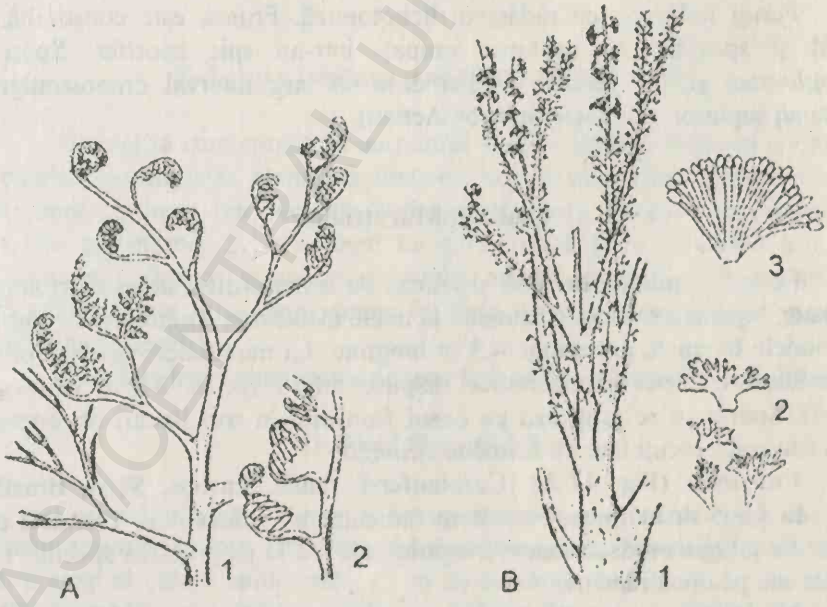


Fig. 43. **Protopteridiidae**. A – *Protopteridium hostinense* (Devonian inferior), reconstituirea unei părţi din filofor (1) şi parte fertilă (2); *Cladoxylon scoparium* (Devonian mediu), reconstituirea plantei (1); 2 – frunze; 3 – sporofilă (după V. Barbu, 1968).

Cladoxylon (Fig. 43-B) (Devonian mediu-Carbonifer inferior, Europa de Vest, SUA), arbust cu tulpina scurtă, cu ramuri numeroase pe care se dezvoltau frunze în verticil. Frunzele, fără nervaţiune vizibilă, de mai multe ori dichotomizate, erau de două feluri: cele situate spre baza ramurilor erau mai lăţite, pe când celelalte aveau forme mai ascuţite. Frunzele fertile, situate în vârf şi divizate în evantai, purtau sporangi mici, de 0,5 cm în diametru.

Subclasa Eusporangiidae (Ophioglossidae)

La aceste filicate, sporangii iau naştere prin diferenţierea unui grup de celule iniţiale; ei sunt adânciţi în parenchimul organului suport. Pereţii sporangilor sunt formaţi din mai multe straturi de celule. Ferigile eusporangiate sunt izospore. Sporangii produc un număr mare de spori (până la 15000). Au apărut, se pare, în Devonian şi au atins apogeul în Carbonifer. Astăzi există circa 10 genuri.

Filicalele eusporangiide aparţin la 2 ordine: Ophioglossales şi Marattiales.

Ordinul Ophioglossales

Ferigi ierboase, cu rădăcina dichotomică. Frunza este constituită din trofofil şi sporofil, cu sporangi grupaţi într-un spic sporifer. Spori de *Ophioglossum* şi *Botrychium* provin dintr-un larg interval cronostratigrafic (?Permian superior - Cretacic inferior-Actual).

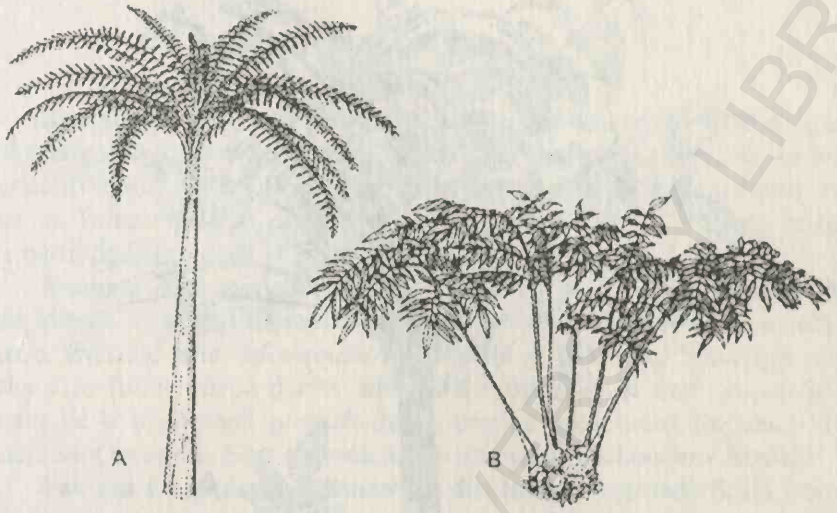
Ordinul Marattiales

Ferigi cu tulpina dreaptă şi frunze cu o mare diversitate morfologică: unipenate, bipenate sau chiar palmate; la unele (*Marattia, Angiopteris* – Fig. 44-B), frondele bipenate pot atinge 4,5 m lungime. La maratialele fosile, frondele căzute lăsau cicatrici caracteristice dispuse diferit (pe 2, 3 sau mai multe rânduri). Sporangii se grupează pe dosul frunzelor în sori lineari ori circulari, izolaţi sau concrescuţi lateral, formând *sinangii*.

Psaronius (Fig. 44-A) (Carbonifer-Permian, Europa, SUA, Brazilia), arbore de 4 - 5 m înălţime, cu sistem radicular bine dezvoltat. Frondele erau dispuse fie pe numeroase rânduri longitudinale (ca la majoritatea speciilor), fie pe patru sau pe două rânduri.

Maratialele au constituit o parte importantă a pădurilor din Carboniferul superior şi Permian, declinul lor intervenind la sfârşitul Triasicului. În flora

actuală supraviețuiesc doar 7 genuri cu aprximativ 200 de specii tropicale, grupate într-o singură familie (Marattiaceae).



B.C.U. M. EMINESCU IAȘI

Fig. 44. **Marattiales.** A – *Psaronius* sp. (Carbonifer), reconstituire; B – *Angiopteris* sp. (Actual). (A după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981; B după I. Hodișan și I. Pop, 1976).

Subclasa Leptosporangiidae (Pteridiidae)

Filicate la care sporangii au pereții subțiri, formați dintr-un singur strat de celule; sporangii se formează dintr-o singură celulă epidermică. Frunzele tinere sunt circinate (cu excepția hydropteridalelor). Ferigile leptosporangiate sunt izo- și heterospore; sporangii nu sunt înglobați în interiorul țesuturilor frunzei, sunt pedicelați și produc un număr mic de spori (8 - 64). Au apărut în Carbonifer și sunt bine reprezentate în flora actuală (circa 250 de genuri cu peste 9000 de specii).

Filicalele leptosporangiide aparțin la 2 ordine: Osmundales și Filicales.

Ordinul Osmundales

Cuprinde ferigi ierboase și lemnoase care, prin caracterele lor, pot fi considerate intermediare între eu- și leptosporangiate. Sporangele se dezvoltă dintr-o singură celulă epidermică, ca la leptosporangiate, iar pedicelul din altă celulă, deosebindu-se astfel de ambele subclase. Peretele sporangelui este gros, ca la eusporangiate. Sporangii sunt mari, nuzi, liberi și negrupați în sori. Osmundaceele sunt izospore.

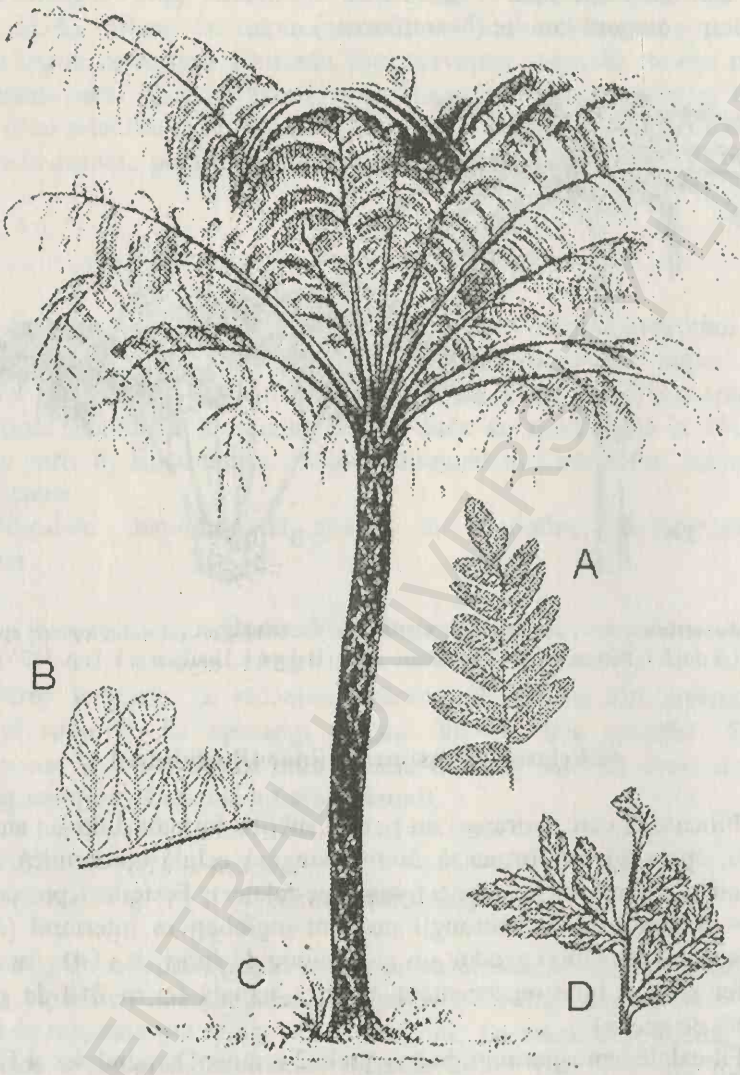


Fig. 45. **Leptosporangiidae**: **Osmundales**. A – *Osmunda heeri* (Terţiar); B – pinule de *Cyathea* (Terţiar); C – *Cyathea crinita* (Actual); **Filicales**: D – *Dryopteris lakessi* (Cretacic) (A, B, D după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981; C după Strasburger, 1999).

Primele osmundacee au apărut în Permian iar în Mesozoic au cunoscut o mare dezvoltare. În stare fosilă, au lăsat impresiuni foliare, resturi de tulpini şi spori. În flora actuală persistă numai 2 genuri, răspândite în zonele tropicală şi temperată.

Osmunda (Fig. 45-A), (Cretacic-Actual) prezintă frunze bipenat-sectate; pinulele sunt alungite şi prezintă o nervură mediană puternică din care se desprind nervuri secundare dichotomice.

Ordinul Filicales

Sunt ferigile cele mai numeroase în flora actuală (circa 9000 de specii), având o largă răspândire geografică. Majoritatea sunt plante ierboase, cu tulpini subterane (rizomi); cele arborescente au o tulpină dreaptă, neramificată, cu un buchet de frunze mari în vârf. Structura cilindrului central variază în limite foarte mari, de la protostel la eustel.

Frunzele sunt mari, lung peţiolate, de tip macrofil, de obicei sectate, rareori întregi. Cele mai numeroase filicale posedă trofosporofile. La cele mai evoluate, frunzele sunt diferenţiate în trofofile şi sporofile. Sporangii tuturor filicalelor se formează pe partea inferioară a frunzelor şi sunt grupaţi în sori acoperiţi de o membrană protectoare de origine epidermică (induzie). Toate filicalele sunt izospore. Sunt cunoscute din intervalul Carbonifer - Actual.

Familia Cyatheaceae, cunoscută din Jurasic, cuprinde ferigi tropical-subtropicale în majoritate arborescente, prezentând în mod frecvent pinule de tip pecopteridian. Tulpina are un cilindru central de tip dictiostel. Genul actual *Cyathea* (Fig. 45-C), care cuprinde în jur de 800 de specii, apare în formaţiuni terţiare din Emisfera Nordică şi America de Sud (Fig. 45-B).

Familia Polypodiaceae însumează cele mai multe ferigi actuale (170 de genuri cu circa 7000 de specii). În stare fosilă apar din Triasicul superior.

Asplenium este cunoscut sub formă de spori din Jurasic iar fragmente de fronde sterile şi fertile provin din formaţiuni cretacice şi terţiare. În flora actuală acest gen cuprinde circa 650 de specii, larg răspândite pe Glob.

Genul *Dryopteris*, feriga comună din pădurile noastre de foioase, este cunoscut în stare fosilă din depozite cretacice şi terţiare (Fig. 45-D). În depozite terţiare, polipodiaceele mai sunt semnalate prin genurile *Acrostichum*, *Pteridium*, *Pteris* şi altele.

Subclasa Hydropterididae (Salviniidae)

Cuprinde un singur ordin – Hydropteridales.

Ordinul Hydropteridales (Salviniales)

Acest ordin include ferigi de talie mică, heterospore, care trăiesc în mediul acvatic (plutitoare). Sporangii sunt închişi în *sporocarpi* formaţi din frunze modificate al căror mezofil s-a resorbit, devenind aerenchim. În flora

actuală sunt mai importante 4 genuri: *Marsilea*, *Pilularia* (ambele cunoscute începând din Neogen), *Azolla* (ce datează începând din Cretacic) şi *Salvinia* (posibil din Jurasic).

Subclasa Progymnospermidae

Cuprinde pteridofite cunoscute din Devonian până în Carboniferul inferior, derivate din primofilicide, cu caractere ce le apropie de gimnosperme: formaţiuni preovulare din care rezultau seminţe primitive, insuficient individualizate, lemn alcătuit din traheide cu punctuaţiuni areolate. Erau izo- sau heterospore. Frunzele erau mari, cu ramificaţii complexe (fronde).

Tetraxylopteris (Fig. 46-B) (Devonian mediu, SUA) este o pteridofită izosporă asemănătoare la înfăţişare cu rhynialele.

Aneurophyton (Fig. 46-C) (Devonian, Europa de Vest, SUA) era un arbore de circa 5 m înălţime, cu fronde multipenate, cu pinulele puţin individualizate. Sporangii erau elipsoidali, dispuşi terminal şi produceau izospori.

Archaeopteris (Fig. 46-A) (Devonian superior, Europa de Nord, America de Nord) era un arbore de până la 30 m înălţime, cu rădăcini bine dezvoltate. Frondele, bipenate, ce puteau atinge 1,50 m lungime, puteau fi sterile (Fig. 42-A2) sau parţial fertile (Fig. 46-A3). Segmentul bazal al trofosporofilei este steril, asimilator, cu numeroase foliole mari cu nervaţiune dichotomică iar cel terminal, fertil, posedă foliole foarte mici, alungite, purtând pe ele sporangii (la unele specii vârful trofosporofilei se termină cu foliole verzi). Erau heterospore, micro- şi macrosporangii, fiind puţin deosebiţi morfologic.

Callixylon (Devonian-Carbonifer inferior, Europa, SUA) era un arbore cu tulpina înaltă de 20 m şi cu un diametru de un metru. Este cunoscut după ramuri şi tulpini fosilizate. Trunchiurile păstrează în centru o zonă medulară bine dezvoltată (uneori septată); lemnul primar este bine reprezentat iar cel secundar se dezvoltă masiv sub formă de zone de creştere, uşor marcate. Traheidele cu punctuaţii areolate.

Aceste progimnospermide heterospore, care prezentau lemn cu punctuaţii areolate şi formaţiuni preovulare, este posibil să fi dat naştere, în Devonian, gimnospermelor.

Filogenia pteridofitelor (Fig. 47). Cele mai primitive pteridofite sunt psilopsidele de tip *Rhynia* care provin, aşa după cum s-a arătat la capitolul privind originea cormofitelor, din alge verzi marine diplo-haplobionte. În cadrul rhynialelor, prin scurtarea treptată a ramificaţiilor dichotomice, au apărut *microfilele* iar sporangii au trecut din vârful ramificaţiilor la baza microfilelor şi, ulterior, pe microfile, devenite acum *sporofile*. Din aceste rhyniale, au evoluat lepidopsidele de tip *Asteroxylon* (gen considerat iniţial ca aparţinând

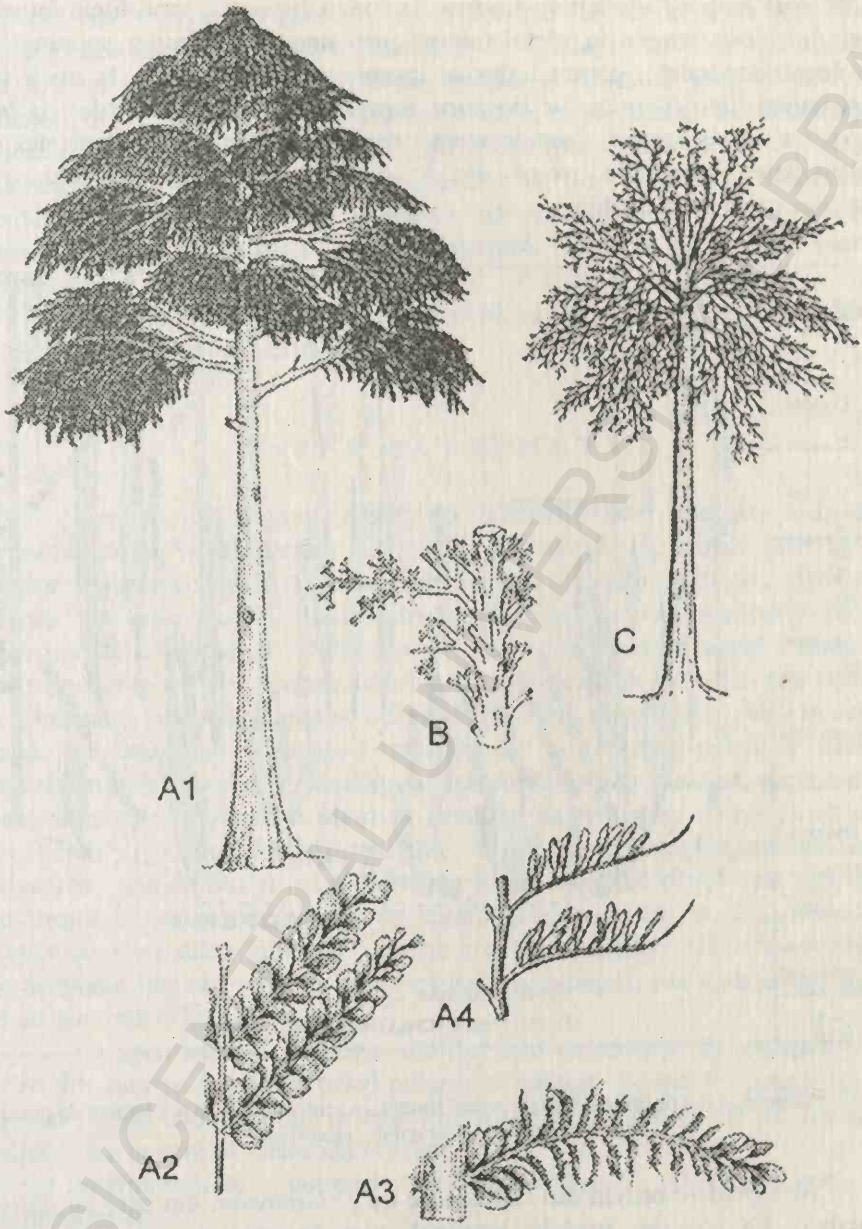


Fig. 46. **Progymnospermidae**. A – *Archaeopteris* (Devonian superior): A1 – reconstituirea arborelui; A2 – trofofile; A3 – trofosporofilă; A4 – sporofile; B – *Tetraxylopteris schmidtii* (Devonian superior), reconstituire parțială a plantei; C – *Aneurophyton germanicum* (Devonian mediu), reconstituire (A1 – după C. Beck din A. Millet, 1997; A2-A4 după I. Hodișan și I. Pop, 1976; B și C după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981).

psilofitelor) şi apoi *Protolepidodendron*, la acesta din urmă, sporofilele formând un strobil izosporangiat în vârful tulpinii prin singenia telomilor sporangiferi. Protolepidodendralele, plante ierboase izospore, au dat naştere la două linii filogenetice: *linia aligulatelor izospore*, reprezentată de Lycopodiales, şi *linia ligulatelor heterospore*, reprezentată de Lepidodendrales, Isoëtales şi Selaginellales. Isoetalele provin din lepidodendrale de tip *Sigillaria*, prin reducerea progresivă a taliei.

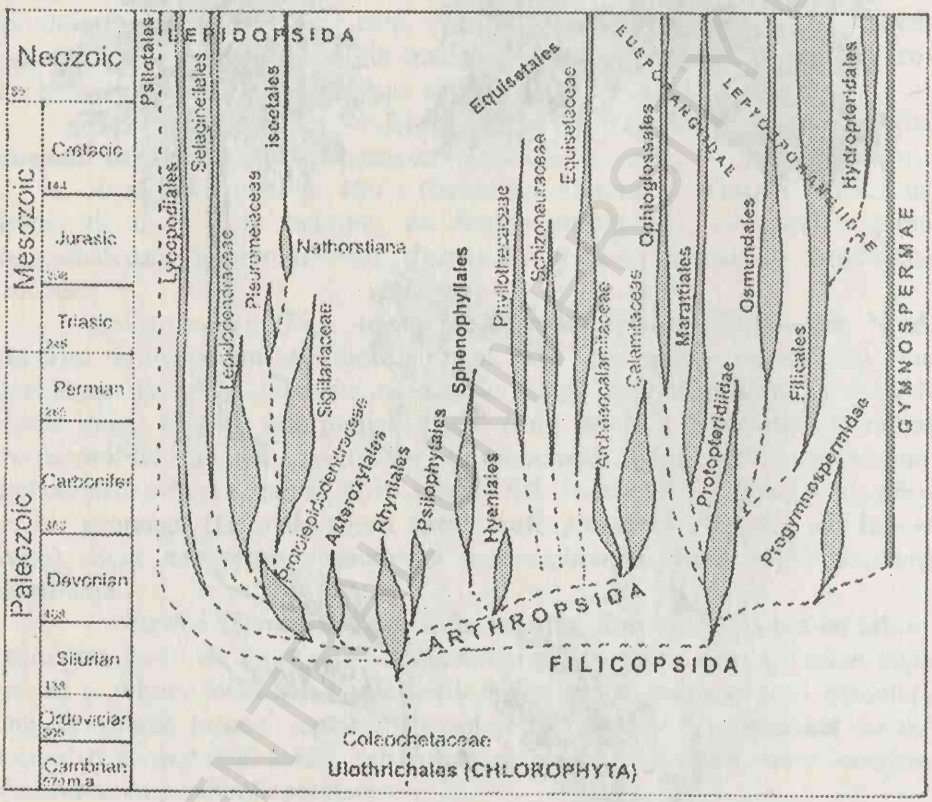


Fig. 47. **Filogenia pteridofitelor**. Cifrele indică timpul, în milioane ani (m.a.), înainte de prezent (după Zimmermann et colab., modificat).

Artropsidele provin din rhiniale de tip *Psilophyton*, din care au derivat hyenialele. La *Hyenia*, strobilii terminali s-au format prin singenia atât a sporangilor anatropi cât şi a microsporofilelor, devenite dichotomice. Din hyeniale, s-au desprins sphenophylalele şi equisetalele, care prezintă stadii mai avansate de contopire a sporangilor în cadrul strobilului.

Filicopsidele provin din psilopside de tip *Rhynia* şi au realizat cele mai ample adaptări. Formele cele mai vechi – primofilicidele – au evoluat în două

direcții: cea a *eusporangiatelor*, cu trofofilele diferențiate de sporofile și sporangi afundați în mezofil, reprezentate de Ophioglossales și Marattiales, și cea a *leptosporangiatelor*, cu trofosporofile și sporangi grupați în sori și protejați de o induzie de origine epidermică, reprezentate de Osmundales, Filicales și Hydropteridales. Din filicalele polypodiacee, prin adaptare secundară la mediul acvatic, au apărut cele din ordinul Hydropteridales (Salviniales), la care unele trofofile devin absorbante (prin reducerea mezofilului) iar sporofilele devin sporocarpi plutitori ce conțin sporangi heterospori.

Progymnospermidele se consideră că au derivat direct din primofilicide și au dat naștere gimnospermelor.

SPERMATOPHYTA

Plantele cu sămânță reprezintă rezultatul unei adaptări avansate a cormofitelor la viața terestră. Ele se deosebesc de pteridofite prin apariția florilor și producerea de semințe. *Florile* sunt frunze modificate, adaptate la funcția de reproducere: din microsporofile au derivat staminele iar din macrosporofile carpelele. *Sămânța* provine din macrosprangele rămas pe macrosporofila care l-a produs, nutrit de planta mamă, și dezvoltat sub protecția ei, până când viitoarea plantă se dezvoltă în stadiul de *embrion*. Abia în această etapă, în care embrionul este aprovizionat cu rezerve nutritive necesare dezvoltării viitoarei plante, sămânța se desprinde de planta mamă, perpetuând și răspândind specia căreia îi aparține.Tendința de realizare a unei structuri de tipul seminței s-a manifestat în evoluție, la mai multe grupe de pteridofite prin reducerea gametofitului. La Selaginellales, macroprotalul nu părăsește macrosporul, rămânând protejat de acesta. De asemenea, la Lepidodendrales (*Lepidocarpon*), macrosporul a persistat în macrosporange iar oosfera fecundată s-a dezvoltat într-un embrion, astfel că macrosporangele s-a transformat într-un fel de sămânță (Fig. 26).

La spermatofite, microgametofitul este reprezentat de *grăunciorul de polen* din care se formează tubul polenic și gameții iar macrogametofitul este reprezentat de endospermul primar sau de sacul embrionar, și de arhegoane rudimentare în care se formează oosfera.

Spermatofitele cuprind 2 încrengături: Gymnospermae și Angiospermae.

Încrengătura GYMNOSPERMAE (PINOPHYTA)

Gimnospermele sunt plante superioare, sporofitice, exclusiv lemnoase (arbori și arbuști), cu organe de reproducere numite *flori*, care se înmulțesc prin *semințe*, organe ce conțin embrionul viitoarei plante. Gametofitul este redus și *endoprotalian*, fiind inclus în sporange.

Floarea este un organ nou care provine din sporangii pteridofitelor și frunze modificate (carpele) în legătură cu funcția de reproducere. Floarea poate fi *unisexuată*, ca la majoritatea gimnospermelor, sau *bisexuată*. Florile gimnospermelor au conformație strobilară, de *con*, și sunt lipsite de un înveliș floral (periant).

Floarea masculă este formată dintr-un lăstar reproductiv pe care se dezvoltă *stamina*; aceasta reprezintă o *microsporofilă* (solz, filament) la care 2 sau mai mulți sporangi au concrescut, formând *anteridia* cu 2 sau mai mulți saci polenici (*microsporangi*) (Fig. 48). În *microsporangi*, se formează *microsporii* (grăunciorii de polen); aceștia, prin germinare, formează un *microprotal* rudimentar și o celulă generatoare *anteridială* care, prin diviziune, dă naștere la 2 anterozoizi; unul dintre cei doi anterozoizi fecundează oosfera, rezultând *zigotul*, iar celălalt se resoarbe. Microsporul reprezintă *gametofitul mascul*.

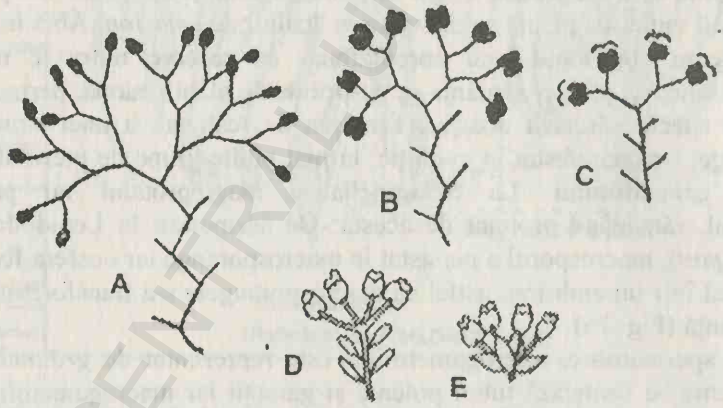


Fig. 48. **Etape ale transformării microsporangilor în floare masculă (schemă):** A – sporangii situați terminal – tip *Asteroxylon*; B – scurtarea rămurelelor și unirea a câte doi sporagi; C – unirea a câte patru sporangii; D – folializarea și contractarea grupului de sporangi; E – floare masculă (după Chadefaud și Emberger din I. Hodișan și I. Pop, 1976).

Floarea femelă este formată dintr-un lăstar reproductiv pe care se dezvoltă o *macrosporofilă* numită *carpelă*, pe care se dezvoltă un organ nou – *ovulul*. Ovulul provine în filogeneză dintr-un macrosporange, care devine *nucela* ovulului, protejat de un înveliș numit *integument*. Macrosporangele

(nucela) conține un *macrospor* (celula mamă a endospermului primar), ce reprezintă macroprotalul pe care se formează câteva *arhegoane* rudimentare ce conțin *oosfera* - gametul femel). Macrosporul reprezintă *gametofitul femel*.

Un caracter adaptativ esențial al ovulului, care nu se găsește la macrosporangele pteridofitelor, este prezența *integumentului* care protejează ovulul de uscăciunea aerului. Ovulul poate prezenta unul sau două integumente. Cu privire la originea integumentului ovular s-au emis trei teorii: teoria foliară, teoria sinangială și teoria telomică.

Teoria foliară (Fig. 49-A-E) presupune că integumentul a luat naștere în urma concrescerii a unei sau mai multor frunze (macrosporofile), care prin scurtarea rămurelei fertile au ajuns în contact direct cu macrosporangele terminal pe care l-au învelit. Ovulul este situat la baza unei foliole numită *carpelă* (sau *bractee*) (Fig. 50-D). Carpelele cu ovule sunt reunite pe un ax amentiform care prin scurtare poate constitui un *con*.

Teoria sinangială susține că integumentul ovular a provenit din unirea sporangilor sterili situați în jurul sporangelui fertil (devenit *nucela* ovulului).

Teoria telomică (Fig. 49-F) presupune că integumentul a luat naștere dintr-un sistem telomic de tip *Rhynia* cu ramificații dichotomice sterile și fertile. În mijlocul acestui sistem s-a păstrat o ramură fertilă cu un macrosporange (devenit *nucelă*), protejată de ramificații sterile care treptat s-au sudat și contopit într-un înveliș ce constituie integumentul.

Ca și strobilul ferigilor, *conul floral* unisexuat al gimnospermelor reprezintă un lăstar cu sporofile heterospore.

Plantele pot fi *monoice* (cu ambele feluri de flori pe același individ) sau *dioice* (cu flori de sex diferit pe indivizi diferiți).

Florile sunt aproape întotdeauna *unisexuat-dioice* (Cycadales, Ginkgoales, Gnetatae, *Taxus*) sau *unisexuat-monoice* (Pinopsida) și rar *bisexuate* (unele Bennettitales). Ca dovadă că floarea unisexuată provine dintr-o floare bisexuată este faptul că la Bennettitales și la *Welwitschia* există flori bisexuate dar cu stamine sau ovule rudimentare; la *Larix europaea* apar cazuri teratologice de conuri femele cu solzi staminali spre bază.

Ovulele pot avea dispoziție ortotropă (Cycadales, Bennettitales, Ginkgoales) sau anatropă (Pinopsida). La Bennettitales și Ginkgoales ovulele sunt pedicelate iar la Pinatae și Gnetatae sunt sesile.

Polenizarea la gimnosperme este, în general, *anemogamă* (cu ajutorul vântului), polenul fiind ușor (uneori cu saci aeriferi) și foarte numeros.

Fecundația este simplă (numai oosfera este fecundată de către o spermatie și nu dublă ca la angiosperme); ea poate fi *zoidogamă* (la Pteridospermae, Cycadopsida, Bennettitopsida, Ginkgoatae și Cordaitidae) și *sifonogamă* (la Pinidae și Gnetatae). În cazul fecundației zoidogame, anterozoizii flagelați înoată spre oosferă într-o *cameră polenică* plină cu lichid.

situată deasupra nucelei. La Cycadopsida şi Ginkgoatae se formează şi tuburi polenice dar acestea eliberează gameţii flagelaţi în lichidul camerei polenice.

În cazul fecundaţiei sifonogame, gameţii masculi nu au flageli şi se mişcă prin reptaţie în interiorul tubului polenic care se dezvoltă după germinarea grăunciorului de polen. La Pinidae (conifere), nu există cameră polenică, gameţii masculi sunt lipsiţi de flageli iar fecundarea este tipic sifonogamă (cu ajutorul tubului polenic, ca şi la angiospermae). La Gnetatae, care prezintă o fecundare sifonogamă, se păstrează însă o cameră polenică redusă.

În cazul gimnospermelor, grăunciorii de polen („microsporii") se numesc *androspori* deoarece sunt de talie mult mai mare decât „macrosporul" numit acum *ginospor*.

La unele gimnosperme (Pteridospermae, Cycadopsida, Ginkgoatae), ovulul după fecundare nu suferă modificări morfologice şi poate fi fecundat chiar şi după căderea sa de pe ramură; aceste plante care nu au o sămânţă propriu-zisă, cu embrion bine diferenţiat, sunt numite *prespermatofite*. La alte gimnosperme (Pinatae, Gnetatae şi Bennettitopsida), ovulul, după fecundare, creşte şi se modifică devenind *sămânţă*. Sămânţa conţine *embrionul*, *endospermul* (ţesut ce reprezintă macrogametofitul, cu substanţe de rezervă) şi un tegument care se dezvoltă din învelişul ovulului. Din zigot, rezultă prin diviziuni repetate unul sau mai mulţi *embrioni* care, în scurt timp, se diferenţiază în cele trei organe primordiale: *radicula*, *tigela* şi *gemula*. Din gemulă se diferenţiază tulpina *plantulei* şi numeroase *cotiledoane* verzi (2 - 18). După ce cade pe pământ, sămânţa germinează şi dă naştere la o nouă plantă care reprezintă generaţia sporofitică.

Apariţia seminţei a însemnat un mare avantaj în supravieţuire a spermatofitelor faţă de sporofite: în condiţii nefavorabile pentru germinare, sămânţa poate să se păstreze aptă pentru viaţă destul de mult timp.

Carpelele, frunze modificate pe care se găsesc ovulele, nu se sudează, astfel încât polenul cade direct pe ovul iar sămânţa care se formează este, de asemenea, nudă, neînchisă într-un fruct.

Spre deosebire de ferigi care sunt *sporifere şi gimnosporangiate* (cu sporange golaş, neînvelit), gimnospermele sunt *ovulate şi angiosporangiate* (cu sporangele învelit în integument).

Deoarece seminţele sunt libere şi nude (golaşe), aceste plante au fost numite *gimnosperme* (gr. *gymnos* – nud; *sperma* – sămânţă). Gimnospermele împreună cu angiospermele formează grupul *Spermatophyta* – plante cu sămânţă. Prezenţa florilor le-a atras denumirea de *antofite* (gr. *anthos*-floare; *phyton*-plantă). Florile sunt mari, vizibile cu ochiul liber, motiv pentru care se numesc şi *fanerogame* (gr. *phaneros* – aparent, evident; *gamos* – unire).

Frunzele, cu structură xeromorfă, sunt variate ca formă şi mărime. Frunze mari prezintă pteridospermele, unde sunt de tip filicoid (fronde).

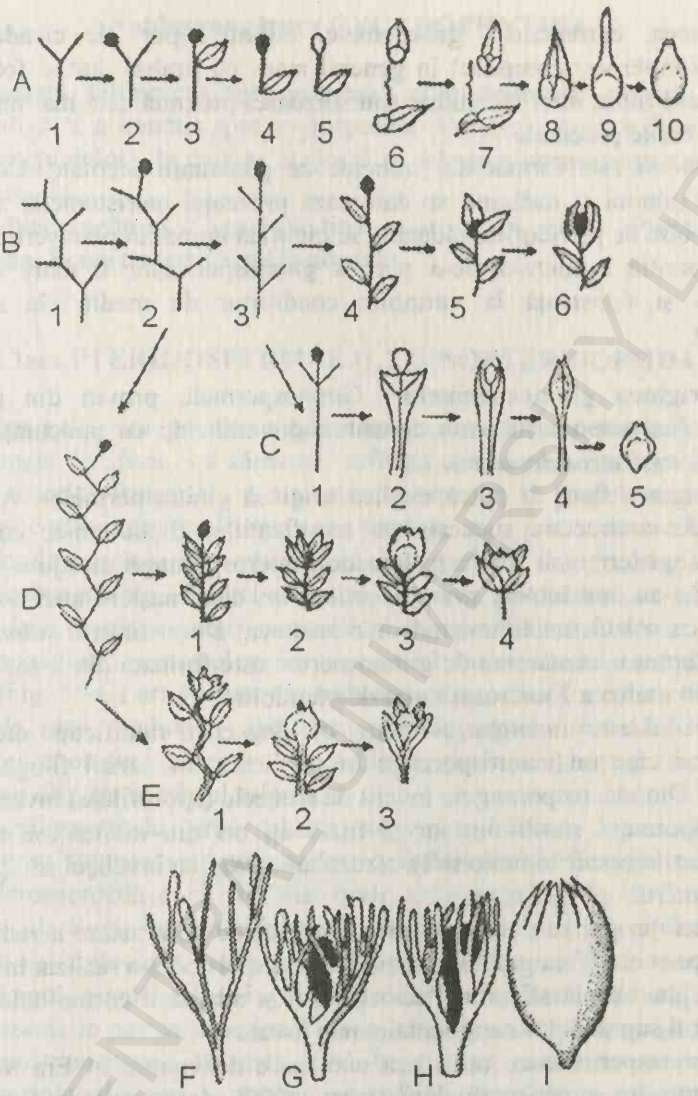


Fig. 49. **Originea ovulului** (părțile caulinare în negru iar cele foliare în alb): A (1-10) – formarea ovulului dintr-un sporange învelit de o sporofilă; A6 – *Lycopodium*; A7 – *Selaginella*; A8 – *Lepidocarpon*; A9 – *Ginetum*; A10 – ovul de angiosperme; B (1-6) – originea ovulului cu două integumente și cu macrosporange caulinar; C (1-5) – originea unui ovul de tip *Cordaites* și *Ginkgo*; D (1-4) – originea unui ovul de pteridospermă înconjurat de patru sporofile sudate cupuliform; E (1-3) – ovul cupulat derivat dintr-un sistem foliar integrat de tip *Lagenostoma* (după Chadefaud și Emberger din I. Hodișan și I. Pop, 1976); F-I: Formarea ovulului dintr-un sistem telomic: F – sistem de ramificații fertile și sterile de tip *Rhynia*; G – diferențierea nucelei fertile (în negru); H-I – formarea integumentului prin sudarea ramificațiilor sterile (după Walton din Strasburger).

De asemenea, cordaitalele, ginkgoalele, diferite tipuri de cicadopside au frunzele (simple sau compuse) în general mari, cu limbul lățit și foarte variat morfologic. Frunze mici (aciculare sau solzoase) prezintă cele mai multe dintre coniferele fosile și actuale.

Lemnul este format din traheide cu punctuații areolate. Creșterea în grosime a tulpinii și rădăcinii se datorează prezenței meristemelor secundare. Spre deosebire de pteridofite, rădăcina se ramifică numai în plan vertical.

Apariția semințelor le-a permis gimnospermelor o mare răspândire geografică și rezistență la variațiile condițiilor de mediu (în special la uscăciune).

Originea gimnospermelor. Gimnospermele provin din pteridofite devoniene heterospore cu lemn constituit din traheide cu punctuații areolate (*Archaeoperis, Tetraxylopteris*).

Originea florii ar putea explica originea gimnospermelor. Astfel, prin procesul de contractare succesivă a ramificațiilor dichotomice care purtau microsporangi terminali (ca la psilopside), microsporangii au ajuns în contact câte doi și s-au unit într-un *sinangiu bilocular*, dând naștere unei *antere* care, împreună cu solzul sau filamentul ce o susținea, a constituit o *stamină*. Deci, fiecare anteră a unei stamine de gimnosperme este formată din 2 saci polenici, rezultați din unirea a 2 microsporangi de pteridofite.

Ovulul este un organ complex, omolog cu o ramificație dichotomică purtătoare a câte un macrosporange în vârf care, în cursul filogenezei, s-a contractat. Din macrosporangele învelit de frunzele (sporofilele) învecinate (sau de macrosporangii sterili din jur și fuzionați ori din numeroase ramificații telomice fertile și sterile fuzionate), a rezultat *ovulul* cu învelișul său protector - *integumentul*.

Apariția gimnospermelor, prin procesul de contractare a ramificațiilor dichotomice și creșterea gradului de protecție a sporilor, s-a realizat în condițiile aridizării climei de la sfârșitul Paleozoicului și adaptării cormofitelor la viața din interiorul suprafețelor continentale, mai uscate.

Gimnospermele au atins cea mai mare dezvoltare în Era Mezozoică, supranumită „era gimnospermelor" (peste 20000 de specii); în flora actuală există circa 600 de specii.

Clasificare. Încrengătura Gymnospermae se împarte, pe considerente filogenetice, în 2 subîncrengături: Cycadophytina și Coniferophytina.

Subîncrengătura CYCADOPHYTINA

Această subîncrengătură grupează gimnospermele care au constituit linia evolutivă ce a condus spre angiosperme (între care cele cu flori bisexuate de tipul benetitalelor), la care se ataşează şi cele mai primitive gimnosperme – pteridospermele.

Subîncrengătura Cycadophytina cuprinde 4 clase: Pteridospermae, Cycadopsida, Bennettitopsida şi Gnetopsida.

Clasa PTERIDOSPERMAE (LYGINOPTERIDOPSIDA)

Sunt cele mai primitive gimnosperme, cunoscute exclusiv din stare fosilă. Numele de „ferigi cu sămânţă" reflectă asemănarea acestora cu ferigile, îndeosebi datorită frunzelor, dar şi apartenenţa lor la grupul spermatofitelor gimnosperme prin individualizarea unor seminţe, ca şi prin structura lemnului.

Pteridospermele erau plante lemnoase (arbori, arbuşti, liane) cu aspect de ferigi arborescente. Trunchiul arbuştilor era butucănos iar al arborilor columnar, înalt de câţiva metri, neramificat sau ramificat dichotomic. Anatomia tulpinii este variată: protostel, polistel şi eustel, cu o măduvă centrală. Lemnul secundar (Fig. 50-C) era format din traheide cu punctuaţii areolate (Fig. 50-B), separate de raze medulare, asemenea gimnospermelor actuale. Rădăcinile, subţiri, erau de origine adventivă. Frunzele, mari (fronde), de tip filicoid, penat sectate, erau dispuse în vârful tulpinii.

Pteridospermele erau plante *unisexuat dioice*. Staminele (florile masculе) erau singure sau grupate într-o inflorescenţă. Stamina era formată dintr-o microsporofilă cu 2 sau mai mulţi microsporangi la vârf, uniţi într-o anteră biloculară sau într-un sinangiu complicat. Ovulul (floarea femelă) avea dimensiuni variabile de la câţiva milimetri până la 12 cm (*Trigonocarpus*) şi era protejat, la unele genuri, de un înveliş cupuliform vascularizat de origine foliară. Nucela prezenta în partea superioară o cameră polenică în care se afla un lichid. Polenul era transportat de vânt până în camera polenică cu lichid. Prin germinarea polenului erau eliberaţi anterozoizi flagelaţi, care înotau până la oosferă, pe care unul din ei o fecunda, rezultând un *zigot* (fecundaţie *zoidogamă*). Din ovulul fecundat se forma o sămânţă cu zigot dar fără embrion care, prin germinare, dădea naştere unei plantule (*gimnosperme aembrionate*).

Clasificare. Această clasă cuprinde 3 ordine mai importante: Pteridospermales, Caytoniales şi Glossopteridales.

Ordinul Pteridospermales

Cuprinde pteridosperme propriu-zise, plante arborescente sau ierboase, cunoscute în intervalul Devonian – Cretacic. Din acest ordin fac parte mai multe familii dintre care menționăm două: Lyginopteridaceae și Medullosaceae:

Familia Lyginopteridaceae (Carbonifer - Permian) cuprinde pteridosperme cu port de liană, frunze compuse, filicoide, cele mai multe cu caractere morfologice de tip *Sphenopteris*; ovulul era protejat de cupulă.

Lyginopteris (Fig. 50-A) (Carbonifer, Emisfera Nordică) este genul cel mai bine cunoscut; era o liană cu tulpina subțire, cu diametrul de până la 4 cm și rădăcini adventive; frondele, foarte ramificate prezentau pinule sfenopteridiene. Inflorescențele mascule, asemănătoare spicelor sporifere ale ferigilor, se dezvoltau la vârful ramurilor iar ovulele erau dispuse izolat, pe ramificații puțin modificate. Ovulele prezentau la partea superioară o cameră polenică și erau acoperite de un tegument gros și vascularizat.

Sphenopteris (Fig. 51-E) (Carbonifer - Liasic), foliole în general mărunte, cu marginile ondulate; de la nervura principală pornesc nervuri secundare ramificate. La noi în țară a fost semnalată specia *S. obtusiloba* (în Permianul din Banat și Liasicul de la Anina).

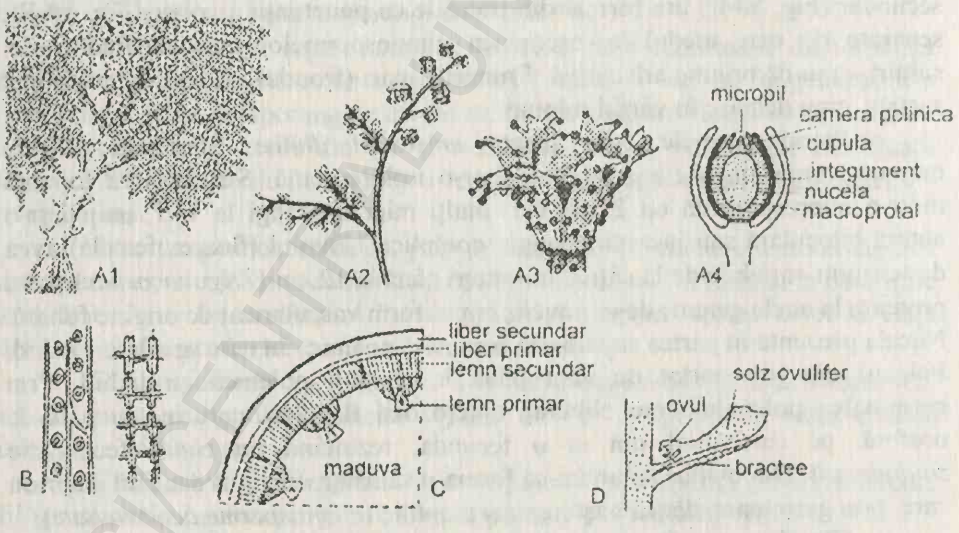


Fig. 50. **Pteridospermae**. A – *Lyginopteris oldhamia* (Carbonifer), reconstituire (A1); A2 – ramură cu microsporofile; A3 – ovul învelit într-o cupulă glanduloasă (*Lagenostoma*); A4 – schema structurii ovulului; B - traheide areolate de lemn secundar; C – secțiune prin tulpină de pteridosperme; D – solz ovulifer de gimnosperm (A1-A2 după I. Hodișan și I. Pop, 1976; A3, B-D după V. Barbu, 1968; A4 după Kämpfe, 1985).

Familia Medullosaceae (Devonian superior - Permian) grupează, în general, plante arborescente, probabil unele chiar liane. Medulosaceele aveau portul asemănător cu cel al maratialelor actuale arborescente. Tulpina, polistelică, de până la 0,5 m în diametru, ajungea la înălțimea de 5 – 8 m iar la partea inferioară prezenta rădăcini adventive. Coroana era alcătuită din fronde filicoide bine dezvoltate. Ovulele nu erau învelite în cupulă și se transformau în semințe de tip *Trigonocarpus* (Fig. 51-K).

Callipteris (Fig. 51-A) (gr. *callos* – frumusețe; *pteris* – ferigă) (Permian, Europa, Asia, America de Nord), avea fronde mari, bipenate; pinulele, rotunjite la vârf, sunt inserate pe rahis prin toată baza și prezintă nervuri numeroase, fine și bifurcate. A fost descoperit și în Permianul din Banat.

Odontopteris (Fig. 51-B) (gr. *odontos* – dinte) (Carbonifer-Permian, Emisfera Nordică), prezenta fronde cu pinule de tip odontopteridian. Impresiuni de *Odontopteris* au fost găsite și în Permianul din Banat.

Neuropteris (Fig. 51-C) (gr. *neuron* – nerv) (Devonian-Permian, Europa), fronde cu pinule de tip neuropteridian. La *N. heterophylla* spre baza fondei se formau aflebii.

Alethopteris (Fig. 51-D) (gr. *alethes* – adevărat) (Carbonifer - Permian) se caracterizează prin fronde de talie mare, cu pinulele unite între ele în partea bazală. Din nervura mediană, evidentă, se desprind nervuri secundare, dese, 1-2 dicotomizate.

Pecopteris (Fig. 51- F) (gr. *pekein* – pieptene) (Carbonifer) este un gen cu numeroase specii, multe aparținând ferigilor. Frondele au pinule mici, prinse pe rahis prin toată baza lor. Specia *P. plückeneti* (Fig. 51-G) din Stephanian aparține însă în mod sigur pteridospermelor.

Taeniopteris (Fig. 51-H) (gr. *tainia* – panglică) (Carbonifer - Liasic) prezintă fronde cu foliole late și relativ lungi, cu margini paralele. Din nervura mediană se desprind, perpendicular, nervuri fine și paralele. Din Liasicul de la Vulcan – Codlea este semnalat *T. multinervis*.

Pteridospermalele constituie veriga de legătură dintre pteridofite și spermatofite, prezentând caractere comune, de pteridofite și de spermatofite:

Caractere de pteridofite: Ramificația dichotomică sau pseudodichotomică prezentă la unele genuri; stelul primitiv; frunze filicoide; cele două generații – gametofitul și sporofitul – la formele primitive erau separate între ele din punct de vedere fiziologic; ginosporii formelor primitive (*Schützia*) sunt liberi în nucelă; anterozoizii sunt ciliați și mobili; fecundația (zoidogamă) este simplă și directă, fără intermediului tubului polenic, putând avea loc atât după căderea ovulului pe sol, cât și înainte, pe planta mamă.

Caractere de spermatofite: Ginosporangele este protejat de un integument, formând ovulul; produc flori și semințe prin care se înmulțesc; rădăcinile sunt orientate în plan vertical și nu orizontal ca la pteridofite.

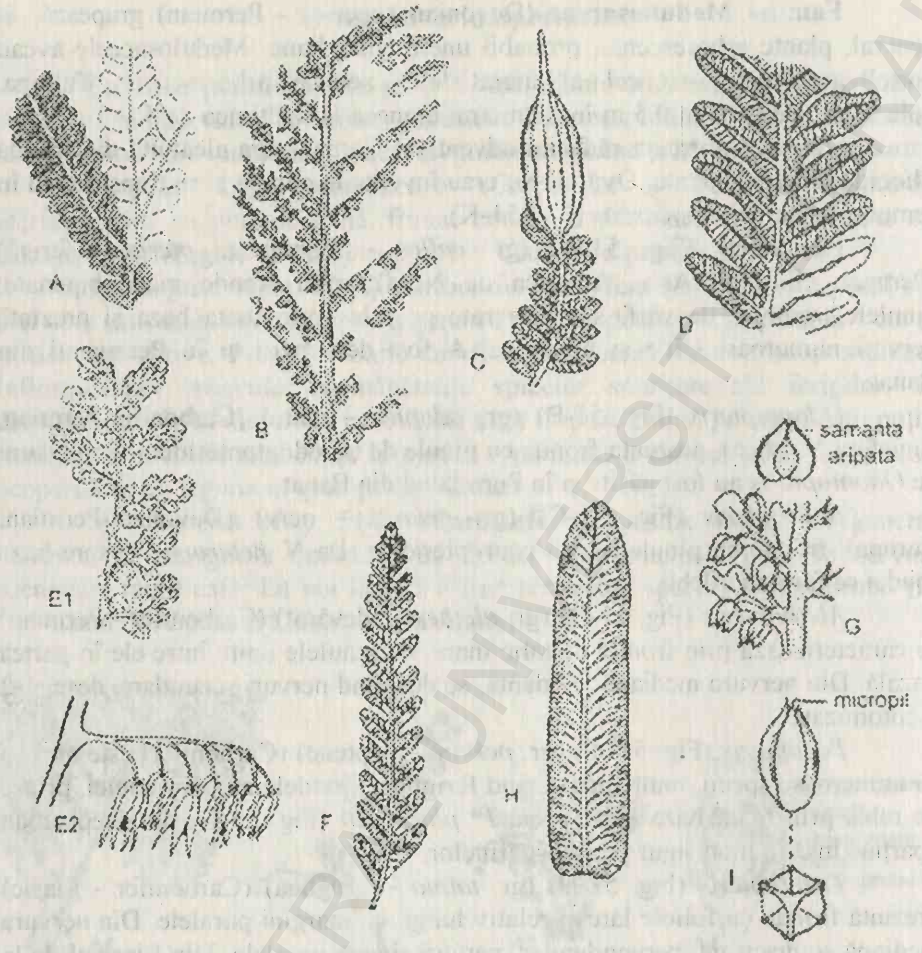


Fig. 51. **Pteridospermales**. A – *Callipteris zeilleri* (Permian); B – *Odontopteris robusta* (Carbonifer); C – *Neuropteris heterophylla* (Carbonifer), reconstituirea unei părți fertile de penă; D – *Alethopteris* (Carbonifer mediu); E – *Sphenopteris striata* (Carbonifer mediu); E1 – pinule; E2 – inflorescență femelă; F – *Pecopteris*; G – *Pecopteris plückeneti* – ramură cu flori femele; H – *Taeniopteris*; I – *Trigonocarpus* (A-C, după I. Petrescu și O. Dragastan 1981; D-E după L. Davitașvili, 1956; E, G, I după V. Barbu, 1968; F, H, după I. după Hodișan și I. Pop, 1976).

Ordinul Caytoniales

La aceste pteridosperme, carpela, cu ovule mici, prinse de nervurile acesteia, se răsucea și acoperea ovulele, simulând un ovar. Pentru acest motiv, unii autori le-au considerat ca posibili strămoși ai angiospermelor. Staminele erau grupate câte 3 - 4 într-un sinangiu, la extremitatea unor rămurele. Frunzele

erau palmat-sectate, cu câte 4 - 5 lobi. Sunt cunoscute în intervalul Triasic – Cretacic.

Sagenopteris (Fig. 52-A) (Rhetian-Cretacic superior) este reprezentat prin frunze formate din patru foliole mici, cu nervură mediană şi cu nervuri secundare anastomozate în reţea. În aceleaşi sedimente au fost descoperite seminţe care au primit denumirea *Caytonia* şi care se crede că aparţin genului *Sagenopteris*. Organele de reproducere femele de *Caytonia* (Fig. 52-B) sunt dispuse penat-opus pe un ax ce se individualiza la extremitatea unor lăstari cu frunze de tip *Sagenopteris*. Fiecare organ de reproducere are forma unei cupule ce conţine 6 - 30 de ovule eliptice, cu tegument gros, tripartit. Organele de reproducere masculе (descrise sub denumirea de *Antholithus* şi *Caytonathus*) sunt reprezentate de antere tetracarenate, fiecare carenă corespunzând cu o lojă polenică. Grăuncioarele de polen purtau doi saci aeriferi ca la conifere.

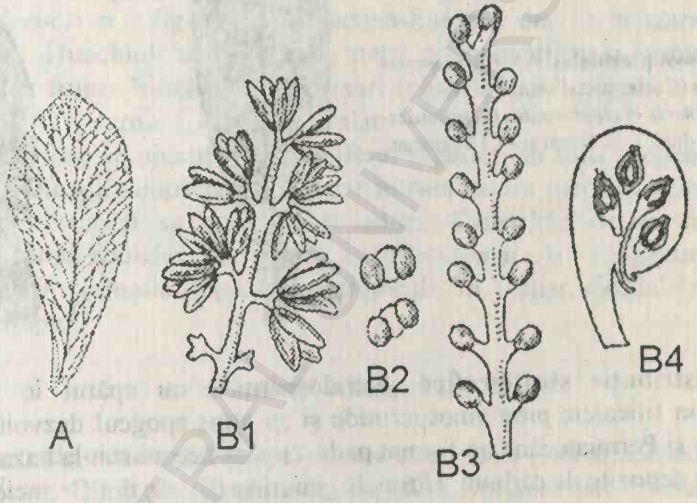


Fig. 52. **Caytoniales**. A – foliolă de *Sagenopteris variabilis* (Cretacic superior); B – *Caytonia sewardi*: B1 – ramură cu stamine grupate; B2 – polen; B3 – ramură cu ovule; B4 – macrosporofilă cu patru ovule, în secţiune longitudinală (A după I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981; B după Hodişan şi I. Pop, 1976).

Ordinul Glossopteridales

Include genuri descrise pe bază de frunze de tip glosopteridian ce aparţin, mai ales, uscaturilor gondwaniene şi provinciei paleofloristice Angara, cunoscute din Carbonifer – Triasic. Aceste genuri cu frunze filicoide sunt, cel puţin în parte, pteridosperme, dacă seminţele cu care au fost asociate le aparţin.

Glossopteris (Fig. 53-A) (gr. *glossa* – limbă), (Carbonifer - Triasic, America de Sud, Africa, Australia, India) prezintă frunze mari ligulate, cu o

nervură mediană puternică; nervațiunea secundară, sub formă de rețea poligonală, avea ochiurile din ce în ce mai mici spre marginea limbului. Frunzele se dispuneau în mici buchete, la extremitatea unor ramuri scurte. Semințele denumite *Nummulospermum*, *Carpolithes*, *Spermatites* aparțin, cel puțin în parte, la *Glossopteris*.

Gangamopteris (Fig. 53-B) (gr. *gangamon* – rețea fină), (Carbonifer-Permian, America de Sud, Africa, Australia, India), diferă, în esență, de frunzele genului precedent prin lipsa unei nervuri mediane.

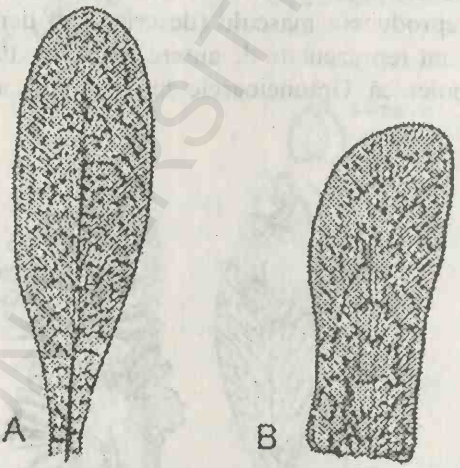


Fig.53. **Glossopteridales**. A – *Glossopteris browniana* (Carbonifer-Permian); B – *Gangamopteris cyclopteroides* (Carbonifer-Permian) (după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981)

Distribuție stratigrafică. Pteridospermele au apărut în Devonian, probabil din filicalele progimnospermide și au atins apogeul dezvoltării lor în Carbonifer și Permian când au format păduri imense ce au stat la baza genezei a importante depozite de cărbuni. Ultimele genuri se cunosc din Cretacic.

Clasa CYCADOPSIDA

Cuprinde gimnosperme cu aspect de palmieri sau de ferigi arborescente care au cunoscut apogeul evolutiv în Era Mesozoică, fiind unul din elementele specifice ale florei mezofitice. Erau plante monoice sau dioice. În această clasă sunt incluse ordinele *Cycadales* și *Nilssoniales*.

Ordinul Cycadales

Cuprinde plante dioice, lemnoase (arbori), cu tulpină scurtă și groasă, de tip columnar (stip), terminată cu un buchet de frunze mari, compuse, asemănătoare cu cele ale multor benetitale. Tulpinile, netede sau acoperite de cicatrici foliare, au scoarța și măduva foarte dezvoltate iar inelul de vase conducătoare relativ subțire.

Florile masculе sunt grupate în amenți (frunze solzoase purtătoare de saci polenici) iar florile femele sunt reprezentate de frunze carpelare lipsite de clorofilă, pe laturile cărora se dezvoltă ovulele. După germinarea polenului, se formează un tub polenic care se fixează de peretele nucelei, eliberând anterozoizii flagelați care înoată în camera anterozoizilor (formată prin resorbția nucelei la partea ei superioară); de aici, gameții mobili ajung la gâtul arhegoanelor ce conțin, fiecare, câte o oosferă.

Palaeocycas (Fig. 54-A) (Rhetian-Europa) era asemănător genului actual *Cycas*. Trunchiul, înalt de câțiva metri, era neramificat și terminat printr-un buchet de frunze simple, întregi, mari (până la 1 m lungime), cu limbul lanceolat, pețiol puternic și dispuse spiralat.

Cicadalele au apărut în Carboniferul superior, au atins apogeul evolutiv în Triasic și Jurasic, după care au intrat într-un declin care s-a accentuat din Cretacicul inferior și se continuă și astăzi. Cicadalele nu au reprezentat niciodată o grupă abundentă de plante. În prezent, mai trăiesc 9 genuri cu peste 90 de specii, în regiunile tropical - subtropicale. În Terțiar, cicadalele încă mai trăiau în Europa.

Ordinul Nilssoniales

Cuprinde cicadopside asemănătoare cicadalelor (mai ales Zamiaceae).

Nilssonia (Fig. 54-B) (Jurasic, Emisfera Nordică) este cunoscută după frunze și flori. Frunzele sunt scurt pețiolate sau sesile, cu marginea întreagă, sau penat-compuse; stomatele sunt haplocheilice (celulele anexe nu provin din aceleași celule protodermice cu celelele stomatice), ca la cicadale dar prezintă protuberanțe punctiforme, ca la ginkgoale. În stadiul de tinerețe, frunzele erau circinate. Florile masculе au aspectul de amenți iar florile femele sunt dispuse sub formă de ciorchine.

Nilssonialele sunt cunoscute prin circa 75 de specii care au avut o largă distribuție stratigrafică (din Triasicul inferior până în Cretacicul superior) și o mare răspândire paleogeografică în Emisfera Nordică (America de Nord, Europa, Asia Centrală, Siberia, China, Japonia); unele specii au fost semnalate și în America de Sud și Noua Zeelandă. Din Liasicul de la Vulcan-Codlea au fost descrise *Nilssonia orientalis* și *N. schmidti*.

Filogenie. Cicadopsidele se apropie de pteridosperme, din care se pare că au provenit, prin portul filicoid, frunzele penat-sectate, circinate în tinerețe, anatomia tulpinii (traheide scalariforme, măduvă bine dezvoltată, raze medulare late), structura ovulului (care are cameră polenică) etc. Cicadalele se deosebesc de benetitale, cu care se aseamănă în privința tulpinii și frunzelor, mai ales după poziția, caracterul și structura inflorescențelor. Astfel, la cicadale, ovulele ocupă pe macrosporofilă o poziție laterală iar la benetitale una terminală.

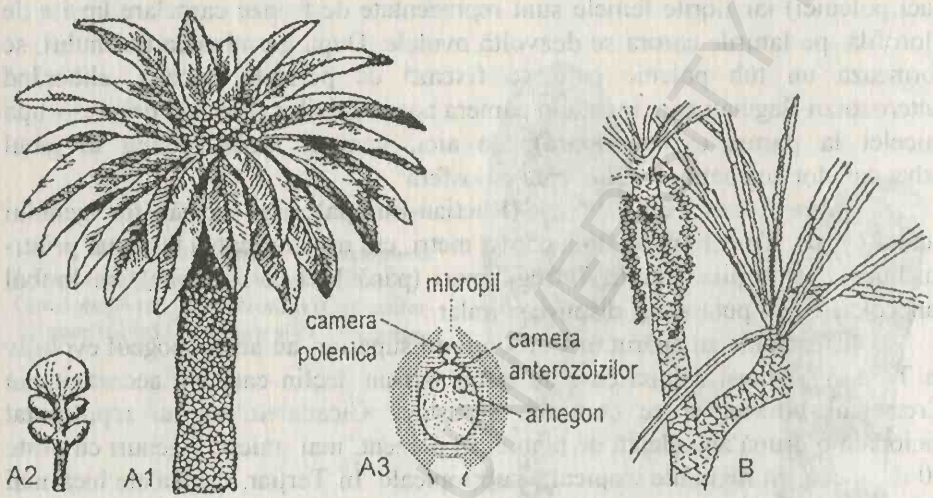


Fig. 54. **Cycadopsida**: *Palaeocycas integer* (Rhetian): A1 – reconstituire; A2 – carpelă cu ovule; A3 – structura ovulului (schemă); B – *Nilssonia tenuinervis* (Jurasic) (după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981).

Clasa BENNETTITOPSIDA

Plante caracteristice florei mezofitice, asemănătoare și înrudite cu cicadopsidele, grupate în 2 ordine: Bennettitales și Pentoxylales.

Ordinul Bennettitales

Benetitalele reprezintă unul dintre grupele cele mai importante de plante fosile, care a cunoscut în Mesozoic o dezvoltare extraordinară. Erau plante lemnoase, cu trunchi butucănos sau columnar, uneori ramificat, cel mai frecvent de 0,5 m înălțime, rareori mai mic sau mai mare (până la 3 - 4 m). Prin habitus și frunze, ele se aseamănă cu cicadalele. Tulpina prezintă un sifonostel sau un sifonoeustel cu lemn puțin. În schimb, parenchimul medular este bine dezvoltat.

fiind străbătut de numeroase canale secretoare. Lemnul primar se dezvolta centrifug. Tulpinile prezentau creştere în grosime.

Frunzele erau fie mari, simplu penat-sectate, de până la 3 m lungime şi aşezate în vârful tulpinii (*Cycadeoidea*), fie mici, întregi, lanceolate, cu nervuri penate şi dispuse altern (*Williamsoniella*). În tinereţe, frunzele erau circinate iar la maturitate prezentau caractere de xeromorfism, indicând climatul în care trăiau.

Florile erau fie hermafrodite (Fig. 55-B), fie unisexuate (Fig. 55-B-C) pe plante monoice sau dioice. Alcătuirea florii prezintă o mare importanţă filogenetică, fiind asemănate ce cele ale angiospermelor primitive actuale.

Benetitalele au apărut în Carbonifer, au atins apogeul evolutiv în Cretacicul inferior, pentru ca apoi să cunoască un declin accentuat, dispărând la sfârşitul Cretacicului.

Cycadeoidea (*Bennettites*) (Fig. 55-A) (Jurasic, America de Nord, Europa, Mongolia) avea trunchiul butucănos, de circa 3 m înălţime, frunze mari penat-sectate şi flori hermafrodite, cu diametrul de 12 cm, prinse de tulpină printr-un scurt pedunculul. Planta era monocarpică, înflorind o singură dată iar după maturizarea seminţelor ea se usca. Pe o tulpină se dezvoltau foarte multe flori bisexuate (60 - 1200). La baza pedunculului floral, se găseau numeroase bractee filamentoase, păroase, constituind un *periant* primitiv cu rol protector la exterior. Periantul proteja un verticil de 18 - 20 stamine (microsporofile) mari, bipenat-sectate, asemănătoare sporofilelor de ferigi. În tinereţe, staminele erau circinate (recurbate cu vârful spre centrul florii). O stamină are numeroşi saci polenici. Sacii polenici (microsporangii) erau sudaţi câte doi, formând un sinangiu polenifer ce elibera un mare număr de grăuncioare de polen (androspori).

În centrul florii se găsesc ovule mici (până la 1 cm diametru), lung pedunculate, separate unele de altele prin parafize solzoase. Acestea erau frunze modificate, lăţite la vârf, cu rol protector; ele nu se sudau unele cu altele şi lăsau terminal o mică deschidere sub formă de por prin care pătrundea grăunciorul de polen, adus de vânt spre ovul. Ansamblul ovulelor şi parafizelor forma un corp comun, conic sau oval ce simula un ovar. Fecundaţia era *zoidogamă* (ovulul avea cameră polenică). La maturitate, parafizele solzoase, prin dezvoltare, închideau seminţele spre interior, formând în exterior un fel de pericarp sclerificat, asemănător unui fruct. Sămânţa conţinea un embrion mare, dicotiledonat care, spre deosebire de gimnospermele actuale, ocupa tot spaţiul interior al sămânţei; în sămânţa coaptă nu exista endosperm sau acesta era foarte redus. Florile au fost găsite toate în acelaşi stadiu de dezvoltare.

Williamsonia (Fig. 56-A) (Triasic superior, Cretacic inferior, Europa, Asia, America) se asemăna cu un palmier pitic (până la 2 m înălţime şi 2 - 7 cm grosime), purtând în vârful tulpinii o rozetă de frunze mari, penat-sectate, precum şi flori unisexuate.

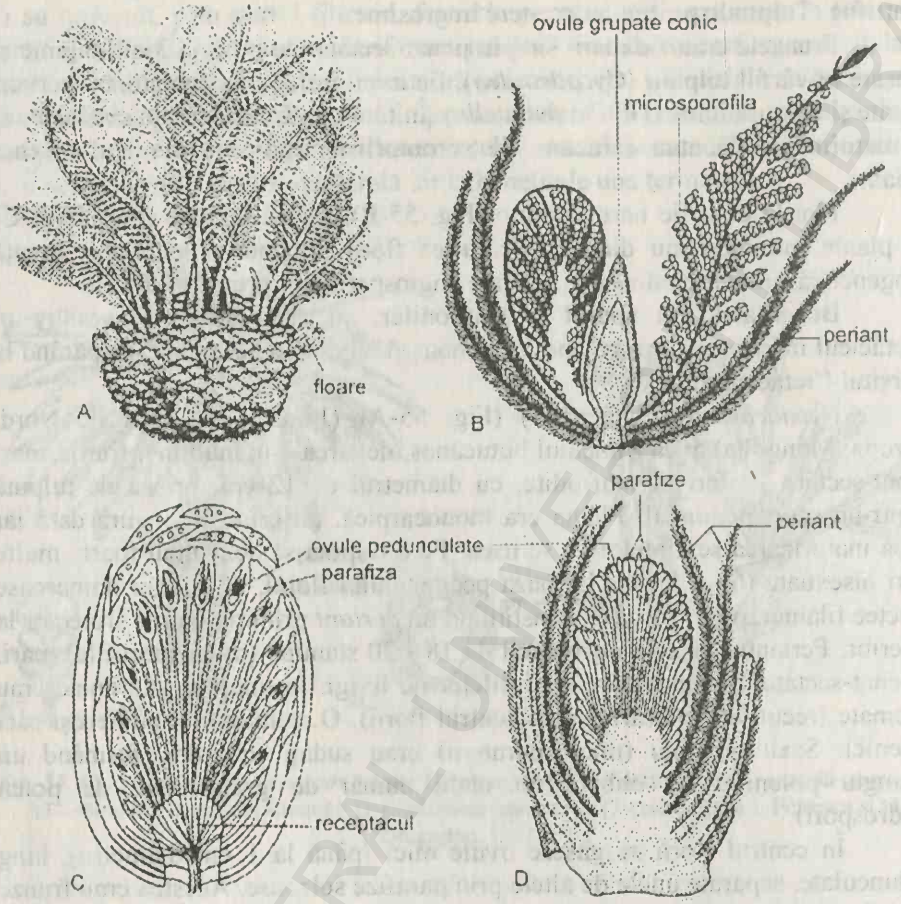


Fig. 55. ***Cycadeoidea* (*Bennettites*) *sp.*** A – reconstituirea plantei, B – Floare bisexuată – secțiune longitudinală reconstituită; C – *C. gibsoniana* - floare femelă în secțiune longitudinală; D – *C. wielandi* - floare unisexuată în secțiune longitudinală (A după Strasburger, 1999; B, D după Hodișan și I. Pop, 1976; C după V. Barbu, 1968).

Williamsoniella (Fig. 56-B) (Jurasic, Anglia, Rusia) purta pe ramurile tulpinii atât frunze întregi, lanceolate, scurt peţiolate şi dispuse altern, cât şi florile hermafrodite.

Wielandiella (Fig. 56-C) (Triasic superior, Jurasic superior, Europa de Vest, nordul Rusiei) avea tulpina ramificată dichotomic, de 0,5 m înălțime şi 2 cm grosime, cu buchete de frunze înguste şi flori hermafrodite dispuse în zona de ramificație.

Multe genuri de benetitale au fost descrise după resturi lemnoase şi amprente foliare. Prezentăm câteva exemple:

Sahnioxylon (Fig. 56-D) (Triasic-Cretacic, Rusia, China, India, Noua Caledonie) – lemn homoxil alcătuit numai din traheide cu punctuații areolate, dispuse în inele anuale, asemănător cu lemnul unor angiosperme primitive homoxile (*Trochodendron, Tetracentron*).

Pterophyllum (Fig. 56-E) (Carbonifer superior-Cretacic superior, Emisfera Nordică). Este un gen cu circa 100 de specii descrise după frunze; acestea sunt penat-compuse, cu rahis puternic, striat longitudinal și pinule atașate prin toată baza lor, așezate mai mult sau mai puțin oblic pe ax. Vârful pinulelor este trunchiat-rotunjit, mai rar ascuțit, iar baza ușor lărgită. Din partea bazală a pinulelor pornesc nervuri paralele, de obicei simple. Resturi de *Pterophyllum* au fost descoperite în Liasicul de la Anina (*P. longifollium*) și de la Vulcan-Codlea (*P. jaegeri*).

Zamites (Fig. 56-F) (Triasic inferior-Cretacic superior) asemănător genului actual *Zamia* (Cycadales), cuprinde frunze penat-compuse, de obicei de 20-30 cm lungime (mai rar 60 cm). Axul pe care se prind foliolele este gros și de obicei dilatat spre partea bazală. Foliolele sunt linear-lanceolate, cu vârful acuminat, cu baza brusc rotunjită sau puțin cordiformă; ele se inseră opus sau subopus pe fața superioară a axului, fără a-l acoperi. Se cunosc circa 50 de specii ale acestui gen, cu o mare răspândire în Emisfera Nordică (Europa Asia Centală, China, Japonia, India, Africa de Nord).

Filogenie. Benetitalele și cicadalele au evoluat foarte probabil pe două căi paralele, derivând din pteridosperme. Cu cicadalele se aseamănă prin habitus, absența sau slaba dezvoltare a metaxilemului centripet de la baza rahisului foliar, măduvă voluminoasă, canale secretoare, cameră polenică etc. Se deosebesc însă de cicadale prin florile hermafrodite ale unor specii, poziția terminală a ovulelor pe macrosporofile, prin începutul de protejare a ovulelor prin parafize solzoase. Prin caracterele florilor și lemnului, benetitalele au fost considerate strămoșii angiospermelor sau un grup strâns înrudit cu strămoșii acestor plante.

Ordinul Pentoxylales

Cicadopside asemănătoare benetitalelor (arbuști sau arbori de talie mică) de care se deosebesc prin lipsa solzilor interovulari. Se cunosc numai din Jurasicul Indiei.

Pentoxylon (Fig. 56-G) (Jurasic-India) este reprezentat prin tulpini cu diametrul de numai câțiva centimetri, în care se individualizau 3 - 9 cilindre centrale, strâns agregate. Ramurile erau scurte și purtau frunze lanceolate, de până la 1 cm lățime, de tip teniopteridian.

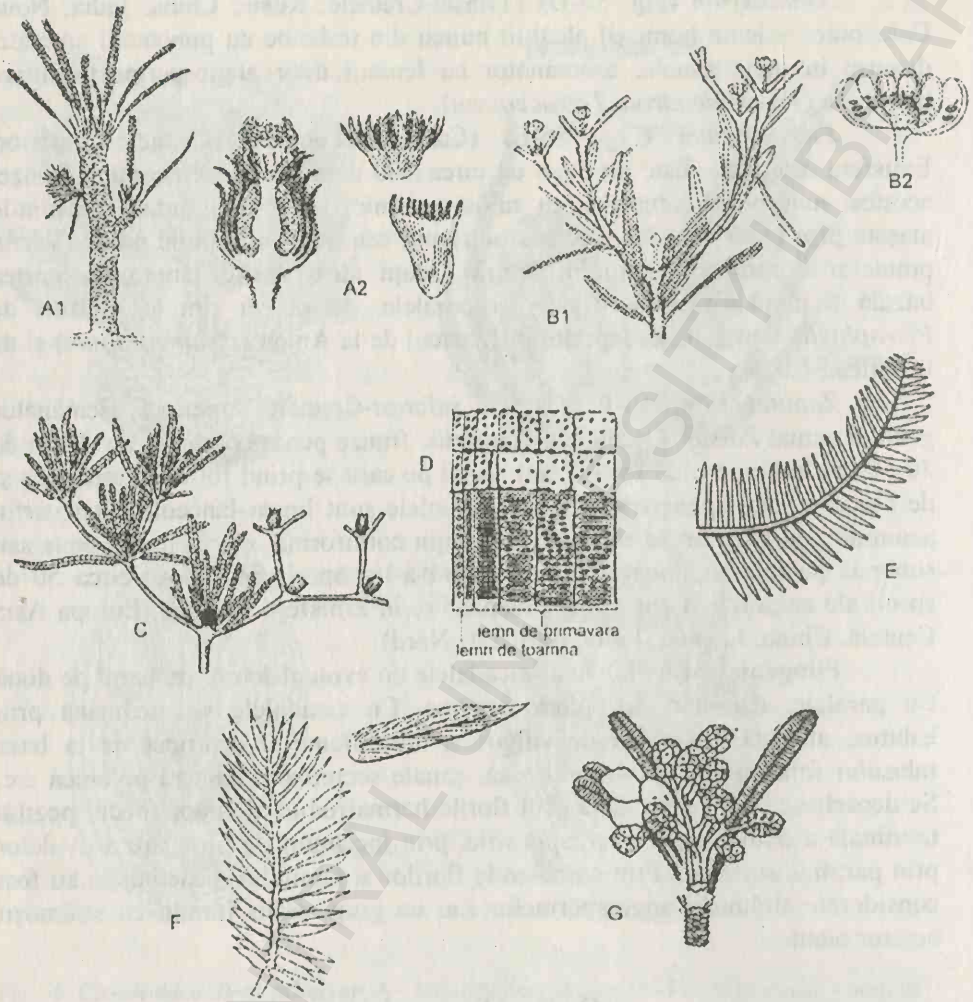


Fig. 56. **Bennettitales.** A – *Williamsonia sewardiana* (Jurasic inferior-mediu). A1 – reconstituirea plantei; A2 – diferite tipuri de flori; B – *Williamsoniella coronata*: B1 – reconstituirea plantei cu frunze de tip *„Taeniopteris"*; B2 – floare reconstituită; C – *Wielandia angustifolia* (Rhetian), reconstituire; D – *Sahnioxylon aviasii* (secțiune longitudinală); E – *Pterophyllum magoti* (Liasic); F – *Zamites feneonis*; **Pentoxylales**. G – *Pentoxylon sahnii* cu conuri femele (*Carnoconites*), (Jurasic inferior-mediu) (după I. Petrescu și O. Dragastan, 1981).

Clasa GNETOPSIDA (CHLAMIDOSPERMAE, GNETATAE)

Reprezintă un grup restrâns de gimnosperme actuale care au lăsat puține urme fosile sigure. Sunt arbori, arbuști, liane, cu o repartizare geografică limitată și arii disjuncte. Lemnul secundar, pe lângă traheide cu punctuații

areolate, are şi *trahee*. Canalele secretoare lipsesc. Frunzele sunt variate ca formă şi mărime dar la toate se dispun opus şi verticilat. Florile, grupate în inflorescenţe, sunt unisexuate (dioice) şi au un perigon redus. Unele din florile mascule, având şi un ovul steril, prezintă un indiciu că iniţial au fost hermafrodite. Integumentul intern al ovulului se prelungeşte într-un tub (*tubilus*) lung, stigmatiform. Ovulele sunt protejate la exterior de 2 – 3 perechi de bractei hlamide (de unde şi denumirea clasei), simulând un ovar primitiv. Embrionul prezintă 2 cotiledoane.

Gnetatele se împart în 3 ordine: Ephredales, Gnetales şi Welwitschiales.

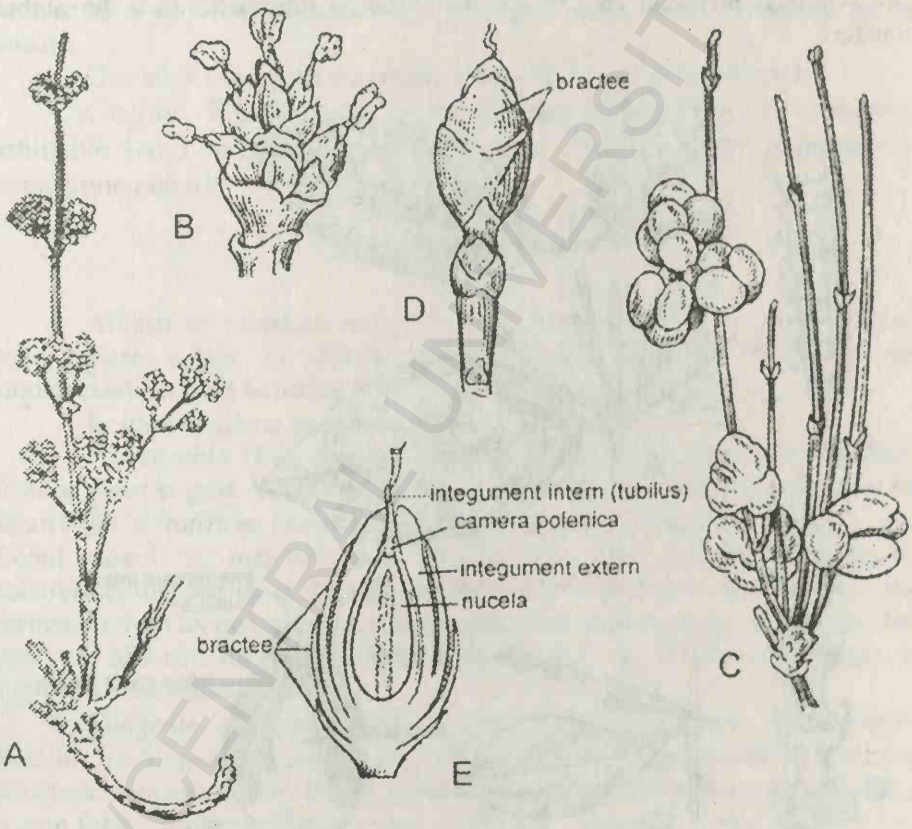


Fig. 57. ***Ephedra distachya*** (Actual): A – individ mascul înflorit; B – inflorescenţă masculă; C – individ femel cu seminţe; D – ramură cu ovul; E – secţiune prin ovul (după Hodişan şi I. Pop, 1976).

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Ordinul Ephedrales

Subarbuşti sau liane dioice, cu tulpini articulate, virgate, şi frunze solziforme reduse. Inflorescenţa masculă este alcătuită din 2 – 8 perechi de stamine, situate pe un ax scurt. Inflorescenţa femelă este dispusă verticilat, la noduri. Ovulul are două integumente, cel intern, subţire, se prelungeşte sub forma unui tub (*tubilus*). Polenizarea se face prin vânt şi insecte.

Ephedra (Fig. 57), plantă arbustivă cu tulpini subţiri, articulate, asimilatoare, cu structură xeromorfă, care trăieşte pe nisipurile şi stâncile din zonele temperat-calde şi subtropicale din Emisfera Nordică. Polen de *Ephedra* este semnalat începând cu Cretacicul inferior în diferite teritorii din ambele emisfere.

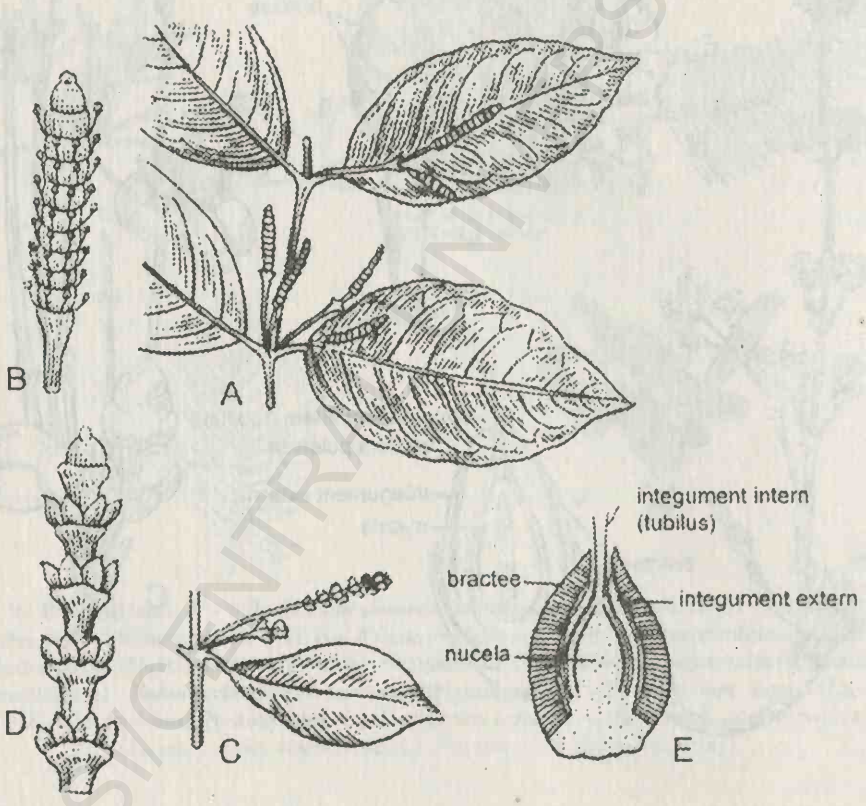


Fig. 58. ***Gnetum latifolium*** (Actual): A – ramură cu frunze şi inflorescenţe masculе; B – inflorescenţă masculă mărită; C – ramură cu inflorescenţă femelă; D - inflorescenţă femelă mărită, cu numeroase ovule; E – secţiune prin ovul (după Hodişan şi I. Pop, 1976).

Ordinul Gnetales

Sunt plante unisexuat-dioice, cu frunzele mari, late, coriacee, scurt peţiolate, cu nervaţiune penată şi dispuse opus. Stomatele frunzelor sunt *sindetocheilice* ca cele de la benetitale (celulele anexe provin din aceeaşi celulă protodermică ca şi stomatele). Florile femele şi mascule alcătuiesc inflorescenţe spiciforme lungi şi sunt dispuse pe anumite ramuri în numeroase verticile. Ovulul are 2 integumente şi prezintă un tubilus. Nucela prezintă o cameră polenică şi un endosperm primar rudimentar pe care nu se formează arhegoane (nucleii liberi din regiunea micropilară pot îndeplini rolul de oosferă). Polenul se aseamănă cu cel de angiosperme: prin germinare, acesta formează un tub polenic.

Gnetalele sunt puţin cunoscute în stare fosilă (?Terţiar-Actual).

Gnetum (Fig. 58) este un gen reprezentat prin specii arborescente, arbustive sau liane, cu frunze mari, late, coriacee, scurt peţiolate, cu nervaţiune penată;

Ordinul Welwitschiales

Arbuşti cu trunchiul redus, cu două frunze lungi cu creştere continuă, care trăiesc astăzi în Africa de Sud-Vest. Stomatele frunzelor sunt sindetocheilice, ca la benetitale.

În stare fosilă nu se cunosc încă resturi sigure.

Welwitschia (Fig. 59) este o plantă unisexuat – dioică, cu trunchiul lemnos, scurt şi gros, în vârf cu doi lobi mari, lăţiţi. La extremitatea fiecărui lob se află câte o frunză în formă de panglică, lungă de 2 - 3 m, cu nervuri paralele. Conul mascul este mai mic decât cel femel şi format din numeroase bractee solziforme, dispuse opus, la baza cărora se dezvoltă florile. Conul femel este format dintr-un ax pe care sunt aşezate opus numeroase bractee solzoase la baza cărora se află câte un ovul. În endospermul primar nu se formează arhegoane. Embrionul este dicotiledonat.

Filogenie. În state fosilă, gnetatele sunt cunoscute din Cretacic. Relaţiile lor filogenetice nu sunt pe deplin clarificate. De benetitale se leagă prin structura stomatelor, prin florile iniţial hermafrodite, cu un periant rudimentar, şi prin forma grăunciorului de polen. Gnetalele se apropie de angiosperme prin următoarele caractere: prezenţa traheilor (alături de traheide cu punctuaţii areolate), ovulul prezintă două integumente, carpelele înconjoară ovulul profilându-se un ovar primitiv, tubul micropilar asemănător stilului şi stigmatului, flori bisexuate, polenizarea prin insecte, începutul unei duble fecundaţii şi formarea unui endosperm secundar. Deşi aceste caractere sunt probabil convergente cu cele de la angiosperme, se presupune totuşi că gnetatele

reprezintă o linie evolutivă desprinsă din grupul cycadofitinelor, înainte de individualizarea angiospermelor.

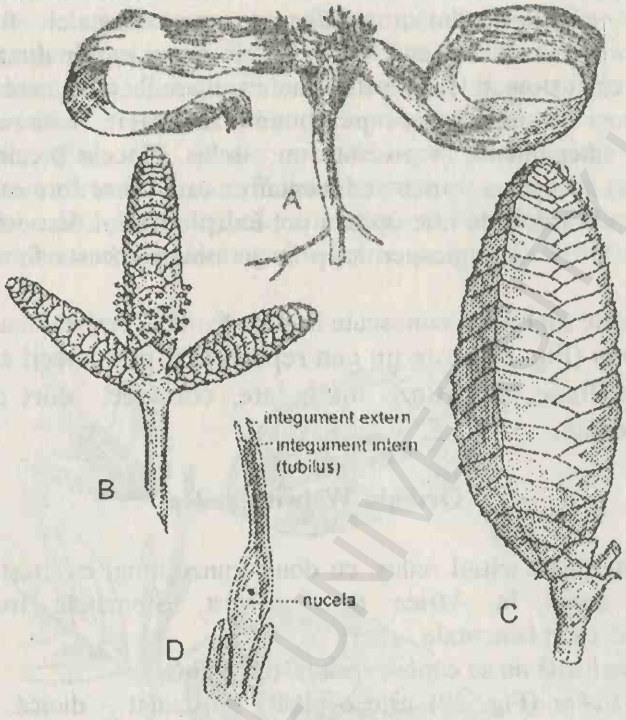


Fig. 59. *Welwitschia mirabilis* (Actual): A – individ femel cu conuri; B – conuri mascule; C – con femel; D – secțiune prin ovul (după Hodișan și I. Pop, 1976).

Subîncrengătura CONIFEROPHYTINA

Sunt gimnosperme care constituie o altă linie de evoluție, alături de cicadofitine, cu flori întotdeauna unisexuate. Subîncrengătura Coniferophytina grupează 2 clase: Ginkgopsida și Coniferopsida.

Clasa GINKGOPSIDA (GINKGOATAE)

Gimnosperme prespermatofite arborescente reprezentate printr-un singur ordin – Ginkgoales.

Ordinul Ginkgoales

Sunt arbori cu frunze peţiolate mari, profund lobate, bilobate sau deltoidale, cunoscuţi în stare fosilă din Permianul inferior. Din Triasicul superior şi până la sfârşitul Cretacicului inferior au cunoscut o mare dezvoltare evolutivă, cu apogeul în Jurasic. Apoi intră într-un declin accentuat, astfel încât în intervalul Cretacic superior - Actual se cunosc numai 2 genuri: *Torellia* (din Paleogenul ţinuturilor arctice) şi *Ginkgo* (Fig. 60-F), care supravieţuieşte astăzi în estul Chinei.

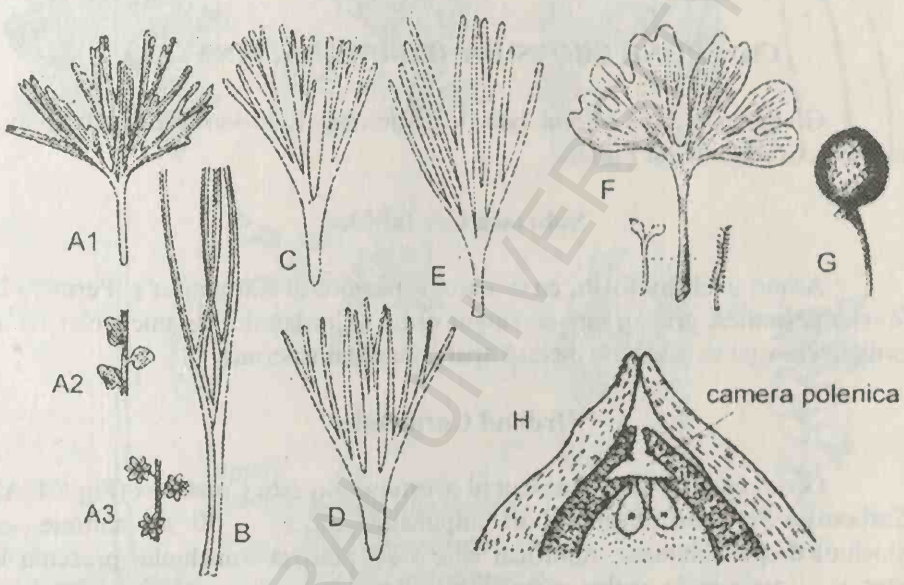


Fig. 60. **Ginkgoales**. A-E – *Baiera*: A1-A3 – *B. muensteriana* (Rhetian); A1 – frunză; A2 – microsporofile nematurizate; A3 – microsporofile maturizate; B – frunză de *B. furcata* (Triasic superior); C – frunză de *B. raymondi* (Permian); D – frunză de *B. foliosa* (Cretacic inferior); E – frunză de *B. angustiloba* (Jurasic); F – *Ginkgo huttoni*; G – sămânţă de *Ginkgo* (Actual); H – secţiune prin ovul (detaliu). (A-E şi G din L. Davitaşili, 1956; F din V. Barbu, 1968).

Ginkgo biloba este un arbore de 30 m înălţime, cu frunze mari, deltoidale şi bilobate, căzătoare. Coroana este ramificată ca la dicotiledonate. Florile sunt unisexuate iar planta, dioică. Inflorescenţa masculă, amentiformă, se compune din numeroase stamine filamentoase cu 2 saci polenici. Floarea femelă este alcătuită din 2 ovule lung pedunculate, prevăzute cu cameră polenică. După polenizare (realizată cu ajutorul vântului), prin concreşterea integumentului, micropilul dispare, închizând în camera polenică grăuncioarele de polen. Fecundaţia are loc după căderea pe pământ a ovulului (într-un climat răcoros) sau înainte de a se desprinde de pe ramuri (într-un climat mai cald). Celula vegetativă din polen dă naştere unui scurt tub polenic, care se ramifică

dar nu străbate țesutul nucelei până la arhegon. Anterozoizii, care sunt flagelați, înoată în camera polenică (Fig. 60-H) până la arhegon (fecundație *zoidogamă* ca la gimnospermele primitive). După fecundație, ovulul devine o sămânță (Fig. 60-G) care la maturitate are un înveliș extern cărnos și unul intern sclerificat, asemănător unui fruct (drupă).

Baiera (Fig. 60-A-E) (Permian-Cretacic, Emisfera Nordică, Argentina, Australia), avea frunze lungi, cu limbul divizat repetat dichotomic, cu lobi înguști, digitiformi. Frunze de *Baiera* au fost descoperite și la noi în țară, în Banat.

Clasa CONIFEROPSIDA (PINOPSIDA, PINATAE)

Gimnosperme cu tulpini ramificate de obicei monopodial, grupate în 2 subclase: Cordaitidae și Pinidae.

Subclasa Cordaitidae

Arbori exclusiv fosili, cu o mare răspândire în Carbonifer și Permian în Emisfera Nordică, grupați într-un singur ordin - Cordaitales. În unele clasificări cordaitalele sunt considerate o clasă aparte de gimnosperme.

Ordinul Cordaitales

Genul cel mai bine cunoscut al acestui ordin este *Cordaites* (Fig. 61-A), (Carbonifer-Permian). Erau arbori impunători de 25 - 30 m înălțime, cu trunchiul drept, columnar, ramificat spre vârf. Scoarța trunchiului prezenta la exterior cicatricele frunzelor căzute. În mijlocul tulpinii se află măduva, bine dezvoltată, măsurând până la 10 cm diametru. La arborii tineri măduva era omogenă, pe când la exemplarele bătrâne se individualizau lacune transversale (Fig. 61-I). Lemnul primar este format din traheide spiralate și scalariforme iar cel secundar din traheide cu punctuații areolate araucaroide (asemănătoare coniferelor *Araucaria*). Rădăcinile erau lipsite de măduvă (descrise sub numele de *Amyelon)*. Ramurile erau scurte și purtau, la extremitatea lor, frunze mari, dispuse altern, spiralat sau în buchete. Aceste frunze erau întregi, lanceolate, lungi de 30 - 80 cm și late de 0,5 - 18 cm și străbătute de nervuri aparent paralele.

Florile sunt unisexuate și au fost descrise sub numele de *Cordaianthus* (Fig. 61-D, H). Arborii erau monoici sau dioici. Florile mascule erau grupate în inflorescențe amentiforme (Fig. 61-A2), cu aspectul unor conuri mici, situate la baza unei bractei prinsă de axa inflorescenței. Conul era format dintr-o axă scurtă pe care se prindeau mai multe filamente bracteiforme sterile, în alternanță

cu staminele. O stamină (Fig. 61-E) era formată dintr-un filament care purta la vârf 3 - 6 antere digitiforme. Anterele crăpau longitudinal, punând în libertate polenul care era răspândit de vânt.

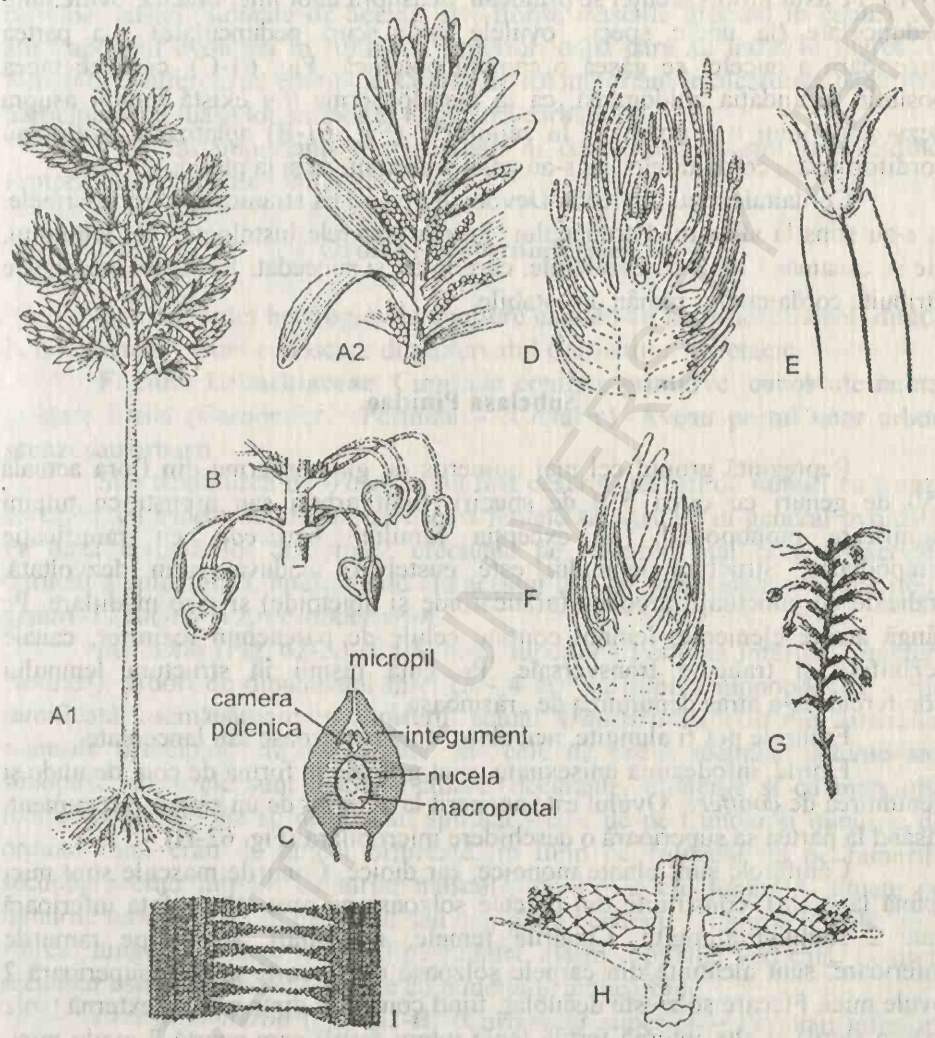


Fig. 61. **Cordaitales**. A1 – *Cordaites laevis*, reconstituire; A2 – ramură cu frunze și inflorescențe masculе; B – *Cordaicarpus cordei* – semințe pedunculate; C – structura ovulului; D – *Cordaianthus williamsonii* – secțiune longitudinală printr-un con mascul cu stamine și filamente sterile; E – stamină cu antere digitiforme; F – secțiune longitudinală printr-un con femel, cu ovule scurt pedunculate și bractei; G – *Cordaianthus* (Carbonifer); I – partea centrală a unei tulpini de *Cordaites* cu măduva compartimentată (Carbonifer); H – conuri masculе de *Cordaianthus concinnus* (A,B, D-F după Hodișan și I. Pop, 1976; G, I din I. Petrescu și O. Dragastan, 1981; H din Strasburger, 1999).

Florile femele erau grupate lax într-o inflorescență amentiformă (Fig. 61-F). Pe axul inflorescenței se prindeau, deasupra unor mici bractei, ovule lung pedunculate (la unele specii, ovulele erau scurt pedunculate). La partea superioară a nucelei se găsea o cameră polenică (Fig. 61-C), ceea ce făcea posibilă fecundația zoidogamă, ca la pteridosperme (nu există indicii asupra dezvoltării unui tub polenic). În semințele (Fig. 61-B) aplatizate, ovale sau cordiforme ale cordaitalelor nu s-au găsit embrioni, ca și la pteridosperme.

Cordaitalele au apărut în Devonian, având ca strămoși pteridospermele, și s-au stins la sfârșitul Permianului. Prin caracterele histologice ale lemnului, ele se aseamănă mult cu coniferele, care le-au și succedat. Resturile mesozoice atribuite cordaitalelor rămân discutabile.

Subclasa Pinidae

Reprezintă grupul cel mai numeros de gimnosperme din flora actuală (50 de genuri cu circa 550 de specii). Sunt arbori sau arbuști cu tulpini ramificate monopodial (cu excepția familiei *Taxaceae*, cu ramificație simpodială). Structura lemnului este eustelică, măduva puțin dezvoltată, traheide cu punctuații areolate (araucaroide și abietoide) și raze medulare. Pe lângă aceste elemente, lemnul conține celule de parenchim rezinifer, canale rezinifere și traheide transversale. Prezența rășinii în structura lemnului coniferelor le-a atras denumirea de „rășinoase".

Frunzele pot fi alungite, aciculare, uneori solzoase sau lanceolate.

Florile, întodeauna unisexuate, sunt grupate în formă de con, de unde și denumirea de *conifere*. Ovulul este acoperit la exterior de un singur integument, lăsând la partea sa superioară o deschidere micropilară (Fig. 62-H).

Coniferele sunt plante monoice, rar dioice. Conurile mascule sunt mici (până la 2 cm), constituite din bractee solzoase ce prezintă pe fața inferioară câte 2 stamine alungite. Conurile femele, mai mari, situate pe ramurile inferioare, sunt alcătuite din carpele solzoase care poartă pe fața superioară 2 ovule mici. Fiecare solz este dedublat, fiind constituit dintr-o parte externă (solz extern steril) și alta internă fertilă (solz intern fertil) care poartă 2 ovule mici. Dacă solzul extern este considerat bractee iar cel intern carpelă, conul ar reprezenta o inflorescență. În schimb, dacă solzul extern este socotit o carpelă iar cel intern o ligulă, conul femel este considerat o floare pluricarpelară. Polenizarea se face cu ajutorul vântului (*anemofilă*). Fecundația este *sifonogamă*, cele două celule spermatice lipsite de flageli pătrunzând prin intermediul tubului polenic în arhegon; o celulă spermatică fecundează oosfera dând naștere zigotului iar cealaltă se resoarbe.

Coniferalele au apărut în Carbonifer şi se pare că derivă din cordaitale sau provin, împreună cu acestea, dintr-un strămoş comun aflat printre pteridosperme. Ele sunt înrudite cu cordaitalele prin următoarele caractere comune: eustel, stomate de acelaşi tip, florile mascule grupate în conuri. Au atins apogeul evoluţiei în Jurasicul superior, după care au intrat în regres. În Neozoic, coniferele au continuat să aibă un rol important în alcătuirea pădurilor, participând cu masa lor lemnoasă la geneza cărbunilor.

Cei mai importanţi reprezentanţi ai coniferelor aparţin la 2 ordine: Protoconiferales şi Euconiferales.

Ordinul Protoconiferales

Este un ordin heterogen de conifere care nu au lăsat descendenţi direcţi în flora actuală. Sunt cunoscute din intervalul Carbonifer - Cretacic.

Familia Lebachiaceae. Cuprinde conifere primitive, cunoscute numai în stare fosilă (Carbonifer - Permian - ?Cretacic). Aveau portul unor arbori scunzi sau arbuşti.

Sub denumirea de *Walchia*, au fost descrise resturi de ramuri cu frunze carenate, cu aspect falciform, cu conuri femele şi mascule în general ovoidale. Pe baza cercetărilor anatomice efectuate pe resturile mai bine conservate (structura epidermei), unele fosile ale acestui gen au fost separate în alte două genuri: *Lebachia* şi *Ernestiodendron*.

Lebachia (Fig. 62-A) (Carbonifer superior - Permian inferior, Emisfera Nordică), arbori de dimensiuni mici (3 - 4 m), cu tulpina monopodială, puţin ramificată, asemănătoare cu coniferul actual *Araucaria excelsa* din Australia; ramurile principale erau verticilate iar cele de ordin secundar alterne sau subopuse. Frunzele sunt mici, aciculare, decurente, uninerve şi cu marginile foarte fin serate; ele se dispuneau spiralat - cele de pe trunchi şi ramurile de ordinul întâi erau de obicei bifurcate, în timp ce frunzele de pe ramurile secundare erau întregi. Conurile mascule, de 1 - 2 cm lungime, situate pe ramurile terminale, erau mai mult sau mai puţin pendente; conurile femele, de 5 - 8 cm lungime, situate terminal pe ramuri, aveau o poziţie verticală. Lemnul secundar este alcătuit din traheide cu punctuaţii araucaroide.

Ernestiodendron (Fig. 62-B) (Carbonifer superior – Permian inferior) cuprinde o singură specie – *E. filiciforme*. Se distinge de *Lebachia* prin faptul că frunzele nu sunt decurente, prin aranjarea diferită a stomatelor, conuri mai puţin compacte etc.

Fosilele de tip *Walchia* sunt larg răspândite în Emisfera Nordică (America de Nord, Europa, Rusia, Mongolia China de Nord), reprezentând un element principal al florelor din intervalul Carbonifer superior – Permian inferior.

Familia Voltziaceae. Arbori şi arbuşti cunoscuţi din intervalul Carbonifer - Cretacic.

Voltzia (Fig. 62-C) (Carbonifer-Triasic, Emisfera Nordică) cuprinde arbori înalţi, de 30 - 40 m, cu alcătuire asemănătoare cu cea a speciei precedente; ramurile de ordinul întâi se dispuneau în verticil iar cele secundare altern. Specia cel mai bine cunoscută este *V. heterophylla* (Triasic inferior, Europa) care se aseamănă cu specia actuală *Araucaria excelsa* dar, la coniferul fosil, ramurile erau prevăzute cu frunze heteromorfe: frunzele din partea superioară a ramurilor erau lungi (2 - 5 cm), lineare şi aplatizate, pe când cele din partea inferioară a ramurilor erau mici, scurt tetragonale, falciforme, decurente şi îndepărtate de ax. Conurile erau ovoide şi scurt pedunculate.

Familia Podozamitaceae. Arbuşti şi arbori din intervalul Triasic - Cretacic, cu frunze, în general, late, cu nervuri paralele ce amintesc de cele ale cicadopsidelor (zamiee).

Podozamites (Fig. 62-G) (Triasic superior - Cretacic) se caracterizează prin frunze mari penate, cu foliolele, lanceolat-elipsoidale şi cu nervaţiune fină, dispuse altern.

Ordinul Euconiferales

Aici sunt cuprinse coniferele actuale şi formele fosile direct înrudite cu acestea. Sunt cunoscute din intervalul Carbonifer - Actual. Toate familiile coniferelor actuale sunt bine documentate în perioadele Erei Mesozoice; speciile neozoice de conifere sunt strâns înrudite cu cele actuale.

Familia Araucariaceae (Carbonifer-Jurasic-Actual), arbori cu caractere arhaice, cu reprezentanţi actuali în regiunile tropicale şi subtropicale din Emisfera Sudică.

Araucaria (Fig. 62-D) (Jurasic superior-Actual) prezintă frunze mici, aciculare, cu baza lată.

Araucariaceele au avut o mare răspândire, în ambele emisfere, în Era Mesozoică.

Familia Podocarpaceae. Cuprinde arbori, mai rar arbuşti, cu frunze înguste sau lat-lanceolate, răspândiţi astăzi mai ales în Emisfera Sudică. Florile sunt grupate în amenţi. Majoritatea podocarpaceelor sunt dioice. Cele mai vechi fosile sigure de podocarpacee datează din Triasicul inferior.

Podocarpus (?Permian-Triasic-Actual) prezintă frunze lungi şi lanceolate; pe lângă resturile de ramuri cu frunze, se cunosc grăuncioare de polen din depozite mesozoice şi neozoice ale ambelor emisfere.

Familia Taxaceae. Grupează arbori şi arbuşti dioici, rareori monoici, cu frunze aciculare, alterne, sempervirescente. Florile mascule sunt formate din mai multe stamine grupate la baza frunzelor de pe ramurile terminale. Florile

femele sunt solitare, fiind formate dintr-un singur ovul aşezat în vârful unei ramuri scurte axilare. Se cunosc începând din Triasic.

Taxus (Jurasic-Actual) trăieşte astăzi în regiunile temperate ale Emisferei Nordice.

Familia Taxodiaceae (Triasic-Actual), arbori înalţi, ce pot trece de 100 m înălţime, care preferă o climă temperat-caldă sau chiar subtropicală. Frunzele pot fi persistente sau caduce, aciculare sau solzoase, aşezate spiralat.

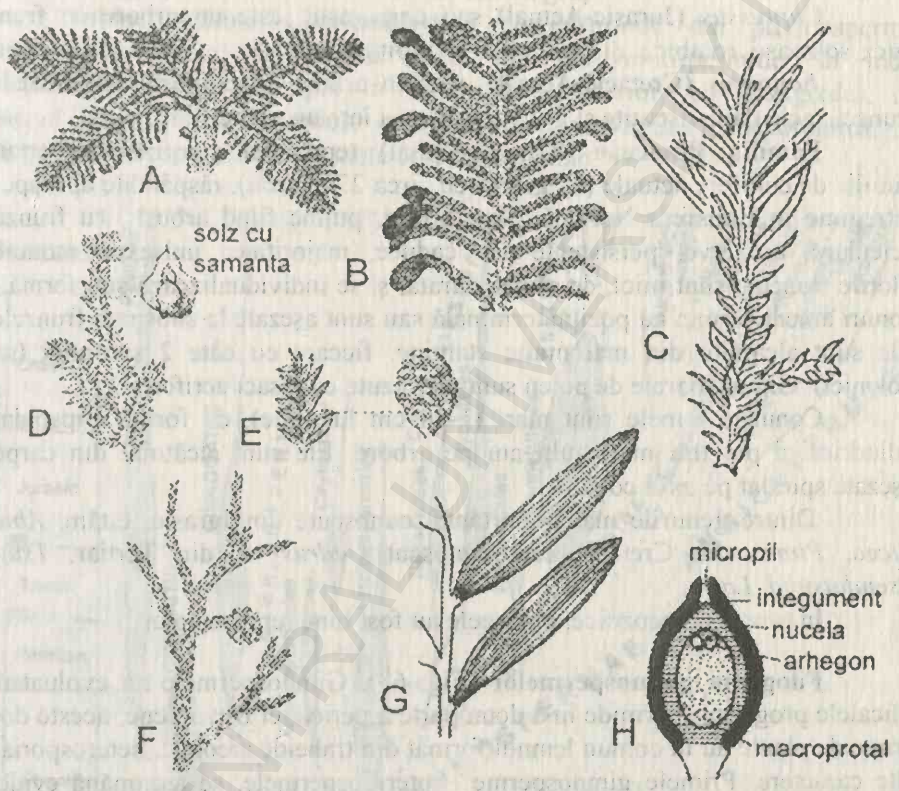


Fig. 62. **Pinidae**. A – *Lebachia piniformis* (Permian inferior), extremitatea tulpinii; B – *Ernestiodendron filiciforme*, ramură reconstituită; C – *Voltzia heterophylla* (Triasic inferior); D – *Araucaria microphylla*; E – *Taxodium distichum*; F – *Sequoia couttsiae*; G – *Podozamites lanceolatus* (Rhetian-Liasic); H – structura ovulului la conifere (A, B, G din I. Petrescu şi O. Dragastan, 1981; C-F după V. Barbu, 1968; H după Kämpfe, 1985).

Taxodium (Fig. 62-E) (Cretacic superior–Actual), chiparosul de baltă, este un arbore de circa 50 m înălţime, cu frunze aciculare caduce, aşezate distih.

Sequoia (Fig. 62-F) (Triasic–Actual) sunt arbori de până la 125 m înălţime şi diametre de peste 10 m, cu frunze persistente aciculare, dispuse spiralat.

Taxodiaceele au fost bine reprezentate în Paleogenul şi Miocenul Europei.

Familia Cupressaceae. Arbori şi arbuşti cu frunze persistente, opuse sau verticilate, aciculare sau solzoase, imbricate. Sunt plante monoice sau dioice. Florile mascule sunt grupate în conuri mici alcătuite din câteva stamine. Florile femele, de obicei cu aspect de conuri mici, au carpelele concrescute complet cu bracteele, formând un singur solz. Au fost bine reprezentate în Neogenul Europei, ulterior ele intrând într-un uşor regres.

Cupressus (Jurasic-Actual) sau chiparosul, este un arbore cu frunze mici, solzoase, rombice, dispuse opus şi alipit pe lujeri.

Juniperus (Cretacic-Actual) este un arbust dioic foarte ramificat, cu frunzele aciculare, ascuţite şi grupate câte trei într-un verticil.

Familia Pinaceae (Triasic–Actual) reprezintă cea mai importantă familie de conifere actuale (11 genuri cu circa 275 specii), răspândite aproape în întregime în Emisfera Nordică. Sunt arbori, puţine fiind arbuşti, cu frunzele aciculare, uninerve, persistente sau caduce, majoritatea unisexuat-monoice. Florile mascule sunt mici, de scurtă durată, şi se individualizează sub formă de conuri amentiforme: au poziţie terminală sau sunt aşezate la subsuara frunzelor. Ele sunt alcătuite din mai multe stamine, fiecare cu câte 2 sporangi (saci polenici). Grăuncioarele de polen sunt prevăzute cu 2 saci aeriferi.

Conurile femele sunt mari (1-50 cm lungime), de formă elipsoidală, cilindrică şi pot trăi mai mulţi ani pe arbore. Ele sunt alcătuite din carpele aşezate spiralat pe axul comun.

Dintre genurile mai importante, cunoscute din Jurasic, citãm: *Abies*, *Picea*, *Pinus*; din Cretacic este cunoscut *Cedrus* iar din Terţiar, *Tsuga*, *Pseudotsuga*, *Larix*.

În timpurile neozoice, pinaceele au fost bine reprezentate.

Filogenia gimnospermelor (Fig. 63). Gimnospermele au evoluat din filicalele progimnospermide în a doua parte a perioadei Devoniene; aceste două grupe de plante au în comun lemnul format din traheide areolate, heterosporia şi alte caractere. Primele gimnosperme – pteridospermele, se aseamănă evident prin frunze şi aspect general cu filicalele progimnospermide dar prezintă stamine şi ovule; ele constituie grupul nodal din care provin atât celelalte clase de gimnosperme cât şi angiospermele. Faptul că floarea-con a gimnospermelor provine în filogeneză dintr-un lăstar cu sporofile este atestat prin faptul că, la *Cycas*, după formarea sporofilelor (carpele sau solzi staminali), conul continuă creşterea prin vârful său care generează frunze penate sterile (trofofile).

Asemănări evidente cu pteridospermele prezintă cycadalele, bennettitalele şi cordaitalele la care frunzele penate se reduc până la sporofile mici, lobate sau peltate (aşa cum se observă la cicadalele actuale). Cycadopsidele, bennettitopsidele şi gnetatele constituie o linie distinctă

evolutivă ce formează Subîncrengătura Cycadophytina. La benetitale se observă tendința de constituire a unui ovar printr-o protecție mai eficientă a ovulelor cu ajutorul unor frunze modificate (parafize). Gnetatele, care sunt insuficient cunoscute în stare fosilă, prezintă afinități cu benetitale (tipul de stomate) și cu angiospermele (traheele, structura ovulului, tubul micropilar asemănător stilului și stigmatului, profilarea unui ovar primitiv, polenizarea prin insecte, dubla fecundație, endospermul secundar), ceea ce înseamnă că s-au desprins mai probabil din grupul cycadofitinelor decât din alt grup.

Subîncrengătura Coniferophytina se desprinde din pteridosperme primitive devoniene sau poate chiar din progymnospermide, în mod independent. Ginkgoales apar în Carboniferul inferior. La Ginkgoales, se observă concreșterea filomilor, care păstrează nervațiunea dichotomică, și reducerea microsporofilelor la niște spice de stamine.

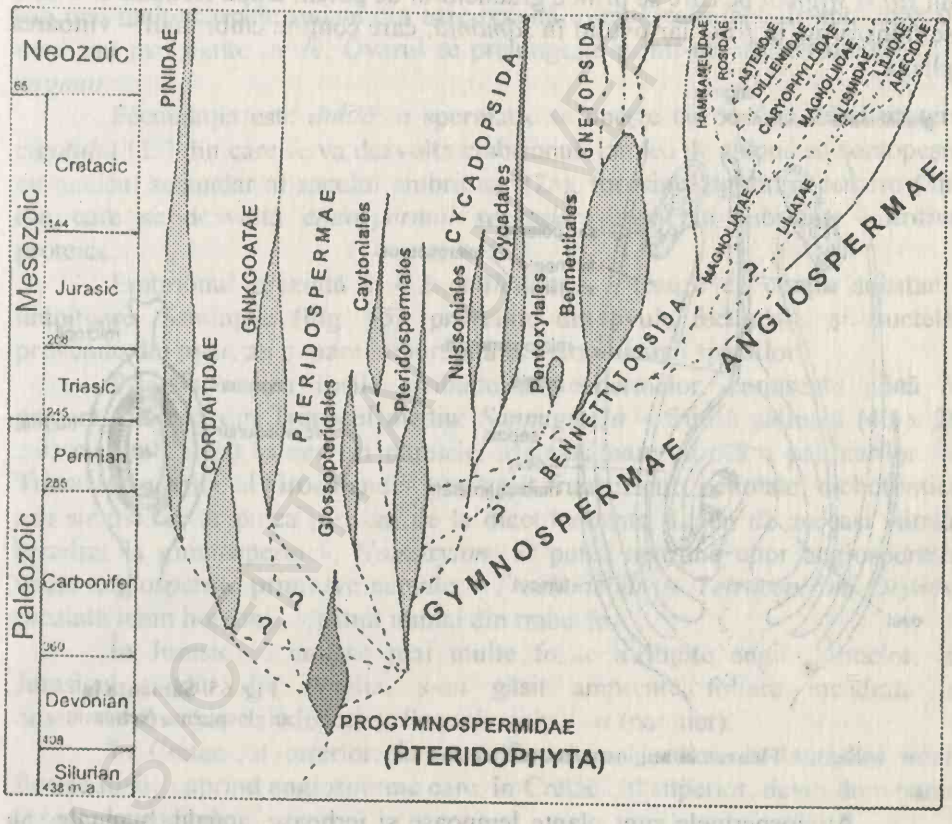


Fig. 63. **Filogenia spermatofitelor** (după Strasburger, 1999, modificat). Cifrele indică timpul, în milioane ani (m.a.), înainte de prezent.

Linia Cordaitidae - Pinidae se desprinde dintr-un grup de pteridosperme de la sfârşitul Devonianului sau poate chiar din progimnospermidae. Conul femel al coniferelor actuale provine prin contractarea strobilului de la Cordaitales: încă la *Voltzia* (Permian - Triasic), se observă concreşterea ovulului cu solzul carpelar iar la *Podocarpus* (gen actual), concreşterea solzului carpelar cu bracteea sa care devine solzul steril de la Pinaceae.

Încrengătura ANGIOSPERMAE (MAGNOLIOPHYTA)

Angiospermele sunt fanerogamele cele mai evoluate, cu floarea individualizată şi ovulul (sau ovulele) închis într-un *ovar* rezultat din carpele concrescute (gr. *angeion* – închis; *sperma* – sămânţă). Totdeauna ovarul posedă un *stil* şi *stigmat* pe care se prinde grăunciorul de polen. După fecundare, ovarul se transformă în *fruct* iar ovulul în *sămânţă*, care conţine embrionul – viitoarea plantă.

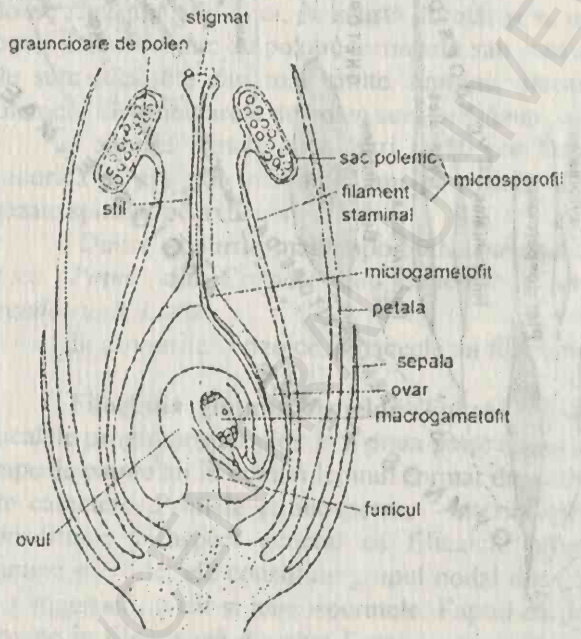


Fig. 64. **Floarea la angiosperme (schemă)**

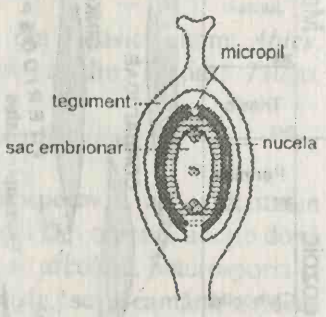


Fig. 65. **Sămânţa la angiosperme (schemă)**

Angiospermele sunt plante lemnoase şi ierboase, anuale, bianuale sau perene. Ele au o mare capacitate de adaptare la condiţiile variate ale mediului, fiind întâlnite astăzi în toate zonele geografice, atât în domeniul terestru cât şi acvatic. În flora actuală, angiospermele însumează circa 290000 de specii din

care cele mai multe se găsesc în zonele tropicale (175000) şi subtropicale (85000), restul speciilor (30000) fiind răspândite în zonele temperate şi reci.

Tulpina este ramificată monopodial sau simpodial şi formează o coroană bine dezvoltată. Lemnul este format din trahei (la puţine specii traheide); prezintă creştere secundară.

Frunzele au forme diferite: întregi, sectate sau compuse. Mărimea frunzelor variază de la câţiva milimetri, la zeci de centimetri, până la câţiva metri. Nervaţiunea diferă: penată, palmată, arcuată etc. Frunzele se dispun altern, opus sau verticilat.

Majoritatea angiospermelor din zonele temperate şi reci îşi schimbă frunzele anual, pe când cele din zonele calde sunt, în general, sempervirescente.

Florile sunt, de regulă, bisexuate (Fig. 64), mai rar unisexuate. O *stamină* este alcătuită dintr-un *filament* ce poartă terminal o *anteră* cu 4 saci polenici în care se formează grăuncioarele de polen. *Pistilul* este alcătuit din una sau mai multe carpele sudate din care rezultă *ovarul*, care închide spre interior unul sau mai multe *ovule*. Ovarul se prelungeşte printr-un *stil*, terminat cu un *stigmat*.

Fecundaţia este *dublă*: o spermatie se uneşte cu oosfera dând naştere *zigotului* (2n) din care se va dezvolta embrionul, iar cea de a doua se contopeşte cu nucleul secundar al sacului embrionar (2n), formând zigotul accesoriu (3n) din care se dezvoltă *endospermul secundar*, bogat în substanţe nutritive proteice.

Embrionul prezintă 1 - 2 *cotiledoane* – frunze ce conţin substanţe hrănitoare. Seminţele (Fig. 65), provenite din ovule fecundate, şi fructele, provenite din ovar, au o mare importanţă în determinarea speciilor.

Primele resturi fosile atribuite angiospermelor, cunoscute până în prezent, datează din Triasicul mediu: *Sanmiguelia* – frunză palmată (40 x 26 cm) cu limb plisat şi nervuri paralele, asemănătoare cu cea a palmierilor. În Triasicul superior al Groenlandei s-au găsit frunze scurt peţiolate, dichotomice sau simple, ce ar putea proveni de la dicotiledonate. Lemn de aceeaşi vârstă, încadrat la gimnospermele *Homoxylon*, ar putea aparţine unor angiosperme; unele angiosperme primitive actuale – *Trochodendron*, *Tetracentron*, *Drymis*, prezintă lemn homoxil, alcătuit numai din traheide.

În Jurasic se cunosc mai multe fosile atribuite angiospermelor. În Jurasicul mediu din Anglia, s-au găsit amprente foliare încadrate la *Sassendorfites* (dicotiledonat) şi *Propalmophyllum* (palmier).

În Cretacicul inferior, în toată Emisfera Nordică, la latitudini mici, florele fosile cuprind angiosperme care, în Cretacicul superior, devin dominante la toate latitudinile.

Resturile fosile cunoscute până în prezent atestă că cele două grupe mari de angiosperme – dicotiledonate şi monocotiledonate – au aceeaşi vechime şi nu pot fi derivate unele din altele pe considerente paleontologice.

Originea angiospermelor. Factorii care au contribuit la apariția angiospermelor au fost diverși: paleoclimatici, paleoecologici, paleogeografici. La începutul Mezozoicului, în condițiile aridizării climatului, pteridofitele intră în declin accentuat. Acum se dezvoltă spermatofitele care, prin apariția florilor și a semințelor, asigurau o mai bună adaptare a reproducerii în mediul de uscat. Dintr-un grup de gimnosperme străvechi (încă controversat), au evoluat proangiospermele și apoi angiospermele propriu-zise, prin modificarea corpului vegetativ și a celui de reproducere. Astfel, staminele unei gimnosperme străvechi s-au unit două câte două, rezultând o nouă stamină cu 4 saci polenici iar carpela s-a răsucit (în condițiile aridității mediului), cuprinzând în interior ovulul pe care-l proteja, dând naștere, în procesul evoluției, pistilului, din ovarul căruia a rezultat apoi fructul. Grupul de gimnosperme care a stat la baza apariției angiospermelor este discutabil. În anul 1912, când s-au descris caitonialele, acestea au făcut senzație în lumea specialiștilor, fiind interpretate drept angiosperme primitive, datorită protejării ovulelor prin răsucirea sporofilei, simulând un ovar. Cercetările lui Harris (1951–58) au arătat că lipsa cutinizării nucelei și faptul că organul ovulifer nu are natură carpelară fac ca aceste plante să fie considerate doar niște gimnosperme cu ovul evoluat.

Un alt posibil strămoș al angiospermelor îl reprezintă gnetatele. Cercetările au demonstrat însă că asemănările histo-anatomice sunt convergențe evolutive. Unii cercetători au presupus că din floarea unisexuată a gnetatelor a rezultat floarea unisexuată a primelor angiosperme lemnoase monohlamide (Fagaceae, Betulaceae, Juglandaceae, Salicaceae etc.) – ipoteza *pseudanției* (a florii false – Fig. 66-B). Conform acestei ipoteze, prin contractarea și apoi sudarea a 2 stamine de tip *Ephedra* s-a format o nouă stamină cu 4 saci polenici iar din bracteile bazale a rezultat învelișul floral simplu; în urma concreșterii bracteilor de la baza ovulelor, pe care le-au învelit complet, a rezultat pistilul, respectiv floarea femelă monohlamidă. Floarea bisexuată ar proveni dintr-o inflorescență mixtă de gnetate, în vârf cu flori femele iar la bază cu flori mascule separate prin bractei. Bracteile de la bază s-au sudat în jurul ovulelor formând pistilul iar staminele, prin împerechere, au dat naștere la o nouă stamină cu 4 saci polenici. Din bracteile și frunzele bazale au rezultat, prin metamorfoză, petalele și sepalele iar inflorescența de gnetată s-a transformat în floare bisexuată de angiosperm. În sprijinul acestei ipoteze se aduc următoarele argumente: monohlamidele, cu mici excepții, sunt plante lemnoase, ca și gimnospermele, având flori unisexuate iar polenizarea este anemofilă; timpul prelungit dintre polenizare și fecundare, caracteristic gimnospermelor, a fost observat și la monohlamidele amentifere; dubla fecundație și formarea unui endosperm secundar de la gnetate.

Benetitalele sunt considerate mai apropiate de angiosperme decât toate celelalte gimnosperme. S-a menționat deja asemănarea lemnului de *Sahnioxylon* cu lemnul homoxil de angiosperme. Florile hermafrodite de benetitale pot

precede morfologic floarea angiospermelor primitive de tip *Magnolia*. Această ipoteză numită a *euanției* (a florii adevărate – Fig. 66-A) este acceptată de majoritatea biologilor. Carpelele din mijlocul florii de tip *Cycadeoidea*, prin sudare, au închis în interior ovulele, dând naştere la mai multe pistile libere iar prin contopirea microsporangilor (sacilor polenici) de pe microsporofile, s-au format staminele cu 4 saci polenici. Din staminele exterioare devenite sterile au rezultat *petalele* (fapt dovedit şi anatomic) iar din bracteele bazale – *sepalele*. Florile unisexuate de angiosperme au luat naştere din cele bisexuate prin avortare. Argumentele aduse în sprijinul acestei ipoteze sunt următoarele: lemnul homoxil (alcătuit numai din traheide) de la unele Magnoliales şi Trochodendrales; floarea bisexuată a policarpicelor primitive, mare, cu învelişuri florale nediferenţiate în caliciu şi corolă; numărul mare şi variabil al elementelor florale, precum şi dispoziţia lor spirală, ca şi la benetitale, la angiospermele policarpice; carpelele majorităţii policarpicelor sunt libere (apocarpe) iar la unele, ovarele sunt deschise, aidoma gimnospermelor.

Conform acestei ipoteze, benetitalele, prin intermediul pentoxilalelor, ar fi dat naştere direct angiospermelor policarpice. Luând în considerare timpul în care au trăit benetitalele (Carbonifer – Cretacic), inclusiv timpul lor de apogeu (Jurasic – Cretacic inferior), se crede că aceste plante nu au intervenit în mod direct în geneza angiospermelor; în Jurasic, când angiospermele erau abia conturate, benetitalele reprezentau un grup specializat, ajuns la apogeu. De aici rezultă că aceste două grupe de plante au avut căi evolutive foarte apropiate dar paralele; probabil au avut un strămoş comun în cadrul pteridospermelor nespecializate din Paleozoicul superior.

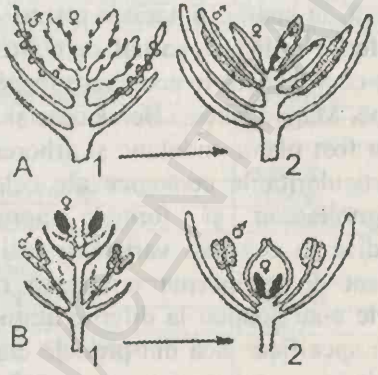


Fig. 66. **Evoluţia probabilă a florii la angiosperme**. A – după teoria euanţiei; B – după teoria pseudanţiei (sacii polenici sunt figuraţi punctat iar ovulele în negru) (după Hodişan şi I. Pop, 1976).

Proangiospermele au avut, se pare, o mare răspândire geografică deoarece primele resturi de angiosperme, din perioada Triasic superior – Cretacic inferior, au avut o răspândire vastă, fiind situate în zone foarte îndepărtate unele de altele (Asia de Sud-Est, Asia de Sud, Siberia, Europa,

America de Nord). Se crede, însă, că anumite zone au putut să constituie centre primordiale de individualizare şi radiaţie a unor ramuri de angiosperme.

Faptul că angiospermele prezintă o serie întreagă de caractere proprii lor constituie argumentul principal în sprijinul originii lor *monofiletice*: este greu de crezut că, în două sau mai multe grupe cu origini diferite, să se poată dezvolta caractere identice. Unitatea ca şi diversitatea, întâlnite astăzi în cadrul angiospermelor, se explică prin prezenţa unor caractere primare (primitive) şi a altora derivate (evoluate), apărute pe parcursul evoluţiei lor, de peste 200 de milioane de ani (Tabelul 1).

Locul de origine al angiospermelor. Ipoteza originii florei de angiosperme într-o zonă subtropical – tropicală, deci la latitudini mici, este cel mai mult acceptată (faţă de ipoteza originii în zonele polare). Această zonă ar fi Cataisia, din care făceau parte teritoriile Chinei şi Indochinei, unde există astăzi un mare număr de fosile vii – specii şi genuri endemice (în special în Birmania superioară). Printre genurile lemnoase endemice, există aici rămăşiţe ale florei străvechi ca: *Trochodendron, Tetracentron, Decaisnea, Cercidiphyllum, Euptelea, Corylopsis, Eucommia, Ostryopsis, Platycarya, Dipteronia, Pteroceltis, Broussonetia, Sorbaria, Kalopanax* şi multe altele. Prezenţa unui mare număr de serii filogenetice şi nu numai de forme relicte, izolate, arată că Asia de Sud-Est este regiunea primordială în care s-a format flora temperată de angiosperme şi nu pur şi simplu un refugiu sau chiar o regiune secundară a dezvoltării ei. În refugii, în special dacă acestea se află la distanţe mari de centrele de origine, se observă numai verigi izolate de serii filogenetice iar seriile de taxoni superiori lipsesc.

Ipoteza cataisică privind originea unei bune părţi dintre angiosperme explică acceptabil şi răspândirea ulterioară, în spaţiu, a acestor plante. Ele au putut să se răspândească în întreaga Emisferă Nordică şi, parţial, cu o viteză mai mică, în Emisfera Sudică. Se poate aduce ca argument în acest sens răspândirea din regiunea cataisică a familiilor Fagaceae, Magnoliaceae, Betulaceae şi altele.

Primele angiosperme, se pare, au fost plante montane şi arborescente. Această concluzie este susţinută de particularităţile ecologice ale celor mai primitive angiosperme actuale (Magnoliaceae şi formele apropiate). Angiospermele ar fi apărut, în munţi, adică în cea mai variată şi mai labilă ambianţă ecologică, fapt care a favorizat de la început o intensă radiaţie adaptativă. Se consideră că angiospermele s-au adaptat la diferite altitudini şi latitudini, cu condiţii climatice şi edafice specifice, încă din primele etape ale evoluţiei lor. Este foarte probabil ca, de la începutul evoluţiei lor, să fi apărut reprezentanţii arborescenţi cu frunze căzătoare: aceştia au apărut prin adaptări la condiţiile mai aspre ale munţilor dar, într-o serie de cazuri, şi prin adaptarea la o perioadă secetoasă pronunţată. Se poate conchide că, înainte de începutul unei largi şi rapide expansiuni în perioada Cretacică, angiospermele aveau realizată deja o mare diversitate ecologică şi morfologică.

Din cele expuse nu trebuie să se considere că angiospermele au apărut primordial numai într-o singură regiune (Asia de Sud-Est, de exemplu). Se crede că în Mesozoic au existat mai multe regiuni de geneză a angiospermelor primitive, dar toate la latitudini mici. Numai aşa ne putem explica prezenţa unor angiosperme primitive în terenuri precretacice, situate în diferite puncte ale Globului, mai puţin cele polare.

Tabelul 1. Caracterele primare şi derivate ale angiospermelor

Organele plantelor şi mediul de viaţă	Caractere primare	Caractere derivate
Tulpina		
durata vieţii	perenă	bianuală, anuală
consistenţa	lemnoasă	ierboasă
forma	simplă; erectă	ramificată; repentă, urcătoare
Cilindrul central	eustel	atactostel
vasele lemnoase	traheide	trahee
Frunza		
durata vieţii	plurienală	anuală
forma	întreagă	compusă
nervaţiunea	penată, palmată,	arcuată, paralelă
dispoziţia	alternă	verticilată, opusă
Floarea		
modul de grupare	solitară	inflorescenţă
simetria	actinomorfă	zigomorfă; asimetrică
sexualitatea	bisexuată	unisexuată
dispoziţia elementelor florale	spirocielică	ciclică
numărul învelişurilor florale	mare (polimerie)	mic (oligomerie): 5, 4, 3
învelişul floral	dialisepal, dialipetal	gamosepal, gamopetal
numărul staminelor	numeroase	puţine
numărul şi poziţia carpelelor	numeroase, libere (apocarpe), ovar superior	puţine, unite (sincarpe), ovar semiinferior şi inferior
poziţia ovulelor	ortotrop	anatrop, campilotrop
polenizarea	entomofilă	anemofilă
Sămânţa		
Endospermul	dezvoltat	slab dezvoltat sau lipsă
Embrionul	drept	curbat
numărul cotiledoanelor	două	unul sau nici unul (acotiledon)
Biotopul	terestru	acvatic

În Cretacic, în paralel cu dezvoltarea angiospermelor, s-au dezvoltat insectele nectarivore care realizau polenizarea încrucişată, contribuind astfel la diversificarea accelerată a angiospermelor care au cucerit în scurt timp

Pământul. Din Paleogen, clima a căpătat caracter sezonier (apar anotimpurile), fapt care a favorizat dezvoltarea angiospermelor cu frunze căzătoare. Angiospermele au apărut ca plante de uscat dar, ulterior, unele dintre ele s-au adaptat şi la viaţa acvatică.

Clasificare. Angiospermele sunt grupate în 2 clase: Dicotyledonatae (Magnoliatae) şi Monocotyledonatae (Liliatae).

Clasa DICOTYLEDONATAE (MAGNOLIATAE)

Cuprinde circa 220000 de specii de plante lemnoase şi ierboase, la care embrionul prezintă 2 cotiledoane. Sunt plante cu ramificaţie mai ales simpodială la care rădăcina primară (provenită din radicula embrionară) se păstrează şi devine rădăcină principală (pivotantă sau rămuroasă). Tulpinile, lemnoase sau ierboase, sunt prevăzute cu un cilindru central de tip eustel. La dicotiledonatele lemnoase, îngroşările secundare sunt bine dezvoltate.

Frunzele majorităţii dicotiledonatelor sunt peţiolate, întregi, lobate, sectate, compuse, cu nervaţiune penată sau palmată.

Florile, de obicei, sunt diplohlamide.

Dicotiledonatele cuprind, în funcţie de autori, circa 264-300 de familii, grupate în 6 subclase: Magnoliidae, Hammamelidae, Rosidae, Dileniidae, Caryophillidae şi Asteridae.

Subclasa Magnoliidae

Cuprinde primele angiosperme lemnoase şi ierboase care prezintă numeroase caractere de primitivitate: numărul mare şi inconstant al elementelor florale (polimeria) dispuse de obicei spirociclic, hemiciclic, uneori ciclic, pe un receptacul proeminent; florile actinomorfe, rareori zigomorfe, au un înveliş simplu sau dublu, cu componentele cel mai frecvent libere, rareori unite. Androceul este format din numeroase stamine. Gineceul este alcătuit din multe carpele (policarpe), rareori unite (sincarpe).

Primele apărute, au fost policarpele lemnoase (Magnoliales), ulterior au apărut şi cele ierboase (Ranunculales).

Ordinul Magnoliales

Sunt plante lemnoase arborescente, rareori liane, cu frunze simple, întregi sau lobate, coriacee, alterne sau stipelate.

Familia Magnoliaceae. *Magnolia* (Fig. 67) (Cretacic-Actual) magnolia – plantă lemnoasă cu frunze mari, eliptice, cu marginea limbului întreagă, cu o nervură principală din care se desprind nervuri secundare. Polenul de *Magnolia*

(*Magnolipolis*) este frecvent în stare fosilă. Lemnul, denumit *Magnolioxylon* (Terțiar).

Liriodendron (Paleocen), „arborele de lalea" este cunoscut sub formă de polen și semințe fosile.

Ordinul Laurales

Cuprinde plante exclusiv lemnoase, înrudite cu magnoliaceele.

Familia Lauraceae. *Laurus* (Fig. 67) – frunze cu marginea întreagă și nervațiune penată. În regiunea mediteraneană trăiește *L. nobilis* - dafinul.

Cinnamomum (Fig. 67) (Terțiar-Actual) sunt plante lemnoase aromate, caracterizate prin frunze ovale, cu marginea continuă, ce prezintă două nervuri secundare paralele cu marginea limbului. În flora actuală persistă „arborele de scorțișoară" – *C. zeylanicum* care crește spontan în India și Ceylon, și „arborele de camfor" – *C. camphora* – care crește spontan în China și Japonia.

Subclasa Hammamelidae

Cuprinde plante în majoritate lemnoase, primitiv bisexuate, cele mai evoluate unisexuate, cu flori haplohlamide sau apetale, rareori diplohlamide, cu învelișuri florale rudimentare. Majoritatea au florile grupate în amenți. Androceul este format din numeroase stamine, uneori redus până la una singură. Gineceul, apocarp sau sincarp, este alcătuit din puține carpele până la una singură.

Prin anatomia lemnului secundar (care conține atât trahei scalariforme cât și traheide) și structura florii, hamamelidele se apropie de magnoliide din care se crede că au și provenit. În stare fosilă sunt cunoscute începând din Cretacic.

Ordinul Trochodendrales

Sunt plante arborescente, cu lemnul secundar homoxil, format din traheide cu punctuațiuni areolate.

Familia Trochodendraceae. *Trochodendron* (Cretacic-Actual) este cunoscut în stare fosilă prin polen, frunze și semințe (Terțiar, Anglia). Din Terțiarul Americii de Nord provin structuri lemnoase, denumite *Trochodendroxylon*. În flora actuală este reprezentat printr-o singură specie ce trăiește în Japonia și Taiwan.

Ordinul Hammamelidales

Arbori şi arbuşti, cu vase lemnoase secundare de tip trahee scalariforme sau traheide cu punctuaţiuni areolate.

Familia Hammamelidaceae. *Liquidambar* (Fig. 67) (Paleogen-Actual) este cunoscut prin polen, lemn şi impresiuni foliare lobate, cu marginile fin denticulate. În flora actuală este reprezentat prin cinci specii arborescente din Asia Mică, Asia de Sud-Est şi America de Nord.

Familia Plataneceae. *Credneria* (Fig. 67) (Cretacic) era un arbore cu frunze mari, întregi, asemănătoare cu cele de platan dar denticulate numai în jumătatea distală iar lobii, când există, sunt abia schiţaţi.

Platanoxylon (Terţiar) – lemn fosil cu caractere asemănătoare celor întâlnite la lemnul actual de platani.

Ordinul Urticales

Plante lemnoase (arbori şi arbuşti), mai rar ierboase, acoperite cu peri aspri.

Familia Ulmaceae. *Ulmus* (Fig. 67) (Cretacic-Actual), ulmul, sunt arbori cu frunze cu baza asimetrică şi marginea serată; nervuri secundare bifurcate la vârf. Lemnul, denumit *Ulmoxylon* (Terţiar), asemănător celui de ulm.

Familia Moraceae. *Morus* (Cretacic-Actual) se cunoaşte în stare fosilă mai ales prin seminţe, mai rar prin frunze şi polen.

Ficus (Fig. 67) (Cretcic-Actual) este reprezentat în flora actuală prin arbori, arbuşti, liane (circa 1000 de specii) de obicei cu frunze persistente. În stare fosilă este cunoscut mai ales prin impresiuni foliare – frunze ovale, palmat divizate, mai rar prin lemn (*Ficoxylon*).

Ordinul Fagales

Arbori şi arbuşti cu frunze căzătoare sau persistente; frunzele au dispoziţie alternă şi sunt stipelate sau simple. La betulacee stipelele sunt caduce.

Familia Fagaceae. *Castanea* (Fig. 67) (Cretacic-Actual), castanul comestibil, este un arbore cu frunze acut lanceolate, nervuri penate, marginile limbului dinţate; din Terţiar provin polen şi structuri lemnoase, încadrate în genul formal *Castanoxylon* .

Quercus (Cretacic-Actual), stejarul; frunzele speciilor temperate sunt denticulate până la lobate, pe când cele termofile sunt fin denticulate sau cu marginea întreagă. În flora actuală sunt peste 600 de specii, răspândite din zonele temperate până în regiunile montane tropicale.

Fagus (Fig. 67) (Cretacic-Actual), fagul, este cunoscut în stare fosilă prin impresiuni foliare (ovate, cu marginea fin denticulată), polen şi fragmente de lemn (*Fagoxylon*). Este un arbore bine reprezentat în pădurile temperate ale Emisferei Nordice (10 specii).

Nothofagus (Cretacic-Actual), fagul austral, este reprezentat astăzi în florele australe prin 45 de specii. În stare fosilă este semnalat nu numai în Emisfera Sudică ci şi în regiunea Siberiană. Se cunosc impresiuni foliare, polen (*Nothofagidites*) şi lemn (*Nothofagixylon*, Terţiar).

Familia Betulaceae. *Alnus* (Cretacic-Actual), arinul, cunoscut mai ales după amprente foliare ovat-subcirculare, cu marginea fin serată şi nervaţiune penată; se cunosc şi resturi de polen şi lemn (*Alnoxylon*).

Betula (Cretacic-Actual), mesteacănul, cunoscut prin lemn (*Betuloxylon*), polen dar mai ales sub formă de impresiuni foliare cu marginea serată şi nervaţiune penată.

Carpinus (Cretacic-Actual), carpenul, este bine reprezentat în depozitele geologice mai ales prin frunze (oval-lanceolate, serate), fructe şi polen; lemnul denumit *Carpinoxylon*.

Ordinul Myricales

Plante lemnoase cu frunze persistente sau căzătoare, lineare, linear-lanceolate, cu marginea întreagă până la denticulat-lobată.

Familia Myricaceae. *Myrica* (Fig. 67) (Terţiar) cuprinde specii arbustive ce au atins apogeul în Paleogen, frecvente în Emisfera Nordică. În funcţie de specii, frunzele sunt lineare, linear-lanceolate, cu marginea întreagă până la denticulat-lobată.

Ordinul Juglandales

Arbori cu frunze mari, compuse.

Familia Juglandaceae. *Juglans* (Fig. 67) (Cretacic-Actual) este cunoscut în stare fosilă mai ales prin impresiuni de frunze (foliole oval-lanceolate, cu marginea întreagă sau denticulată, cu nervurile secundare unite două câte două în arcuri largi).

Carya (Cretacic-Actual) are foliolele fin serate.

Subclasa Rosidae

Sunt plante lemnoase şi ierboase cu flori bisexuate, diplohlamide, dialipetale. Staminele sunt numeroase şi dispuse centripet pe mai multe verticile. Gineceul este format dintr-un număr variabil de carpele (de la

numeroase la una), libere (apocarpe) sau unite (sincarpe), cu poziție superioară, semiinferioară sau inferioară. Cel mai adesea, elementele florale sunt dispuse ciclic.

Filogenetic, rozidele au luat naștere, foarte probabil, din policarpice, cu care se aseamănă prin structura florilor. Ca fosile, se cunosc începând din Cretacic.

Ordinul Rosales

Plante lemnoase și ierboase, cu o largă variabilitate morfologică; frunzele sunt prevăzute cu stipele perechi.

Familia Rosaceae. *Rosa* (Paleogen-Actual), măceșul, cunoscut în stare fosilă sub formă de frunze.

Pyrus (Cretacic-Actual), părul, este cunoscut în stare fosilă, până în prezent, numai după impresiuni foliare.

Malus (Paleogen-Actual), mărul, este cunoscut în stare fosilă prin impresiuni foliare.

Prunus (Cretacic-Actual), prunul, este cunoscut în stare fosilă prin impresiuni foliare și semințe.

Ordinul Myrtales

Plante lemnoase și ierboase, cu frunze de regulă întregi, nestipelate, cu dispoziție alternă sau opusă.

Familia Myrtaceae. *Myrtus* (Cretacic-Actual), arbuști cunoscuți în stare fosilă pe bază de frunze întregi, cu nervuri secundare dese, prinse marginal două câte două. În prezent are o răspândire mediteraneană.

Eucalyptus (Cretacic-Actual), arbore din flora actuală australiană, cu frunze ovale sau oval-lanceolate, dispuse altern. La începutul Terțiarului era răspândit și în Europa.

Ordinul Sapindales

Plante lemnoase (arbori, arbuști și liane) sau plante ierboase, cu frunze compuse, persistente sau căzătoare.

Familia Aceraceae. *Acer* (Fig. 67) (Cretacic-Actual), arțarul, este cunoscut în stare fosilă prin amprente foliare (frunze 3-5 lobate, cu marginile de obicei denticulate, mai rar întregi și cu nervațiune palmată), fructe, polen și, mai rar, lemn (*Aceroxylon*).

Ordinul Celastrales

Sunt plante lemnoase (rareori ierboase) cu flori mici, penta- sau tetramere, cu frunze persistente sau căzătoare.

Familia Celastraceae. *Euonymus* (Cretacic-Actual) este cunoscut din depozitele geologice mai ales pe bază de impresiuni foliare (ovate, eliptice, cu marginea întreagă sau denticulată) şi polen.

Ordinul Rhamnales

Plante lemnoase şi ierboase apropiate, prin caracterele lor, de celastrale şi rutale.

Familia Vitaceae. *Vitis* (Fig. 67) (Cretacic-Actual) apare în stare fosilă sub formă de amprente foliare (mari, lobate, cu baza cordată), seminţe şi polen.

Ordinul Cornales

Arbori şi arbuşti, cu frunze întregi, opuse.

Familia Cornaceae. *Cornus* (Cretacic-Actual), cornul, are o mare răspândire în formaţiunile geologice (frunze, polen, lemn). Frunzele sunt simple, ovate, cu nervurile secundare prelung arcuite spre marginea întreagă a limbului.

Ordinul Araliales

Plante, cu precădere ierboase, cu frunze variate ca aspect, dispuse altern.

Familia Araliaceae. *Hedera* (Cretacic-Actual, iedera, semnalată din mai multe depozite (Europa, America de Nord, Rusia) prin amprente foliare polimorfe.

Subclasa Dilleniidae

Cuprinde plante lemnoase şi ierboase cu elementele florale dispuse ciclic, pentamere, diferenţiate în caliciu şi corolă dialipetală iar la unele grupe mai evoluate, gamopetală. Androceul este diplostemon, cu poliandrie secundară (prin multiplicare), cu dezvoltare centrifugă. Gineceul sincarpic, posedă numeroase ovule.

Dilleniidele primitive, prin receptaculul floral în formă de cupă sau plat, prin poliandrie şi structură anatomică, se leagă de rosidele străvechi din care au şi derivat. În stare fosilă se cunosc începând din Cretacic.

BCU CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

Ordinul Salicales

Plante lemnoase, cu flori nude, unisexuate, grupate în amenți.

Familia Salicaceae. *Populus* (Fig. 67) (Cretacic-Actual), plopul, este frecvent descris din formațiunile geologice pe bază de frunze (ovale până la subcirculare, cu marginile larg denticulate).

Salix (Fig. 67) (Cretacic-Actual), salcia, este cunoscut mai ales din depozite terțiare, prin frunze lanceolate, cu marginile întregi sau serate și nervațiune penată. Polenul este des întâlnit în formațiuni neogene și cuaternare. Lemnul fosil este încadrat la *Salicinoxylon*.

Ordinul Malvales

Plante predominant lemnoase, mai puține ierboase, răspândite mai mult în regiunile tropicale.

Familia Tilliaceae. *Tillia* (Cretacic-Actual), teiul, cunoscut după amprente foliare (subcirculare, cu baza cordată și marginea fin serată). Polenul apare din abundență la diferite nivele ale Terțiarului.

Ordinul Ericales

Arbori și arbuști, în mod excepțional plante ierboase, cu frunze întregi, nestipelate.

Familia Ericaceae. *Rhododendron* (Paleogen-Actual), bujorul de munte, este determinat după impresiuni foliare (mari, lanceolate, cu marginea întregă).

Subclasa Caryophyllidae

Grupează plante în majoritate ierboase, cu flori actinomorfe ciclice, la cele mai primitive hemiciclice, în general pentamere, cu periantul simplu sau dublu; învelișurile florale sunt libere dar unite la grupele mai evoluate. Androceul este diplostemon, cu poliandrie secundară (asemenea dilleniidelor), cu tendința de evoluție spre un singur ciclu de stamine. Se constată o tranziție de la policarpie, apocarpie și ovule numeroase, la carpele puține, sincarpe, ovule puține, până la unul singur.

Caryophyllidele sunt cunoscute de la sfârșitul Cretacicului; ca și dilleniidele, ele derivă din rosidele primitive.

Subclasa Asteridae

Constituie una dintre cele mai evoluate linii filogenetice dintre dicotiledonate. Sunt plante lemnoase şi ierboase cu flori actinomorfe sau zigomorfe, simpetale şi tetraciclice. Androceul este format din 5, 4, 2 stamine, în majoritatea cazurilor concrescute de tubul corolei. Numărul carpelelor este redus, de obicei, la 2. Ovarul sincarp, conţine mai multe sau un singur ovul.

Asteridele se aseamănă cu rosidele, din care se presupune că au derivat, prin oligomeria gineceului, ovul uniintegumentat, albumen identic. Fosile de asteride se cunosc începând din Cretacic.

Ordinul Gentianales

Plante lemnoase şi ierboase, cu frunze întregi, nestipelate (rareori stipelate), de obicei opuse.

Familia Asclepiadaceae. *Periploca* (Paleogen-Actual) este o liană cu frunze lineare, până la ovale, cu nervuri secundare prinse două câte două în arcuri marginale.

Ordinul Oleales

Cuprinde plante lemnoase (arbori, arbuşti, liane), cu frunze opuse, nestipelate, simple sau compuse.

Familia Oleaceae. *Olea* (Paleogen-Actual), măslinul, este determinat din depozitele geologice sub formă de amprente foliare, seminţe şi lemn (*Oleoxylon*).

Fraxinus (Cretacic-Actual), frasinul, este bine reprezentat în depozitele geologice, prin frunze, lemn (*Fraxinoxylon*), polen şi fructe.

Clasa MONOCOTYLEDONATAE (LILIATAE)

Însumează circa 70000 de specii de plante actuale ierbacee, mai puţin lemnoase, ramificate mai ales monopodial. Embrionul prezintă un singur cotiledon. Rădăcina primară (rezultată din radicula embrionului) dispare de timpuriu fiind substituită de rădăcini adventive, adesea fasciculate. Tulpina este de obicei neramificată. Cilindrul central din tulpină este de tip atactostel (format din numeroase fascicule libero-lemnoase colaterale închise, fără cambiu). Creşterea în grosime se face prin intermediul unor cordoane de cambiu secundar, care apar în diferite puncte ale meristemului secundar din tulpină.

Frunzele sunt de obicei întregi, sesile, alterne, nestipelate, cu nervaţiune paralelă sau arcuată; teaca este bine dezvoltată.

Floarea este trimeră (rareori tetra- sau dimeră) şi cel mai adesea haplohlamidă – cu învelişul floral (perigon) nediferenţiat în caliciu şi corolă (tepale).

Monocotiledonatele cuprind circa 53 de familii, grupate în 3 subclase: Alismidae, Liliidae şi Arecidae (unii autori desprind din Subclasa Liliidae alte 2 subclase: Commelinidae şi Zingiberidae).

Subclasa Alismidae

Cuprinde plante acvatice, multe submerse, cu frunze heteromorfe alterne. Florile actinomorfe, hemiciclice şi ciclice, unele simple, reduse şi nude, altele complexe, cu periant simplu şi dublu. Androceul şi gineceul sunt polimere. Gineceul este întotdeauna apocarp.

Alismidele sunt legate de Ranunculales prin structura anatomică, filotaxie, trimerie floralã, stamine şi pistile apocarpe, numeroase, dispuse spirociclic. De Nymphaeales sunt legate prin faptul că: rădăcina primară piere de timpuriu, au fascicule colaterale închise (fără cambiu), atactostelice, vase laticifere şi florile trimere, hemiciclice, carpele numeroase şi apocarpe, frunze întregi, cu nervaţiune arcuată dar şi palmată. Sunt cunoscute începând din Cretacic.

Ordinul Hydrocharitales

Sunt plante ierboase acvatice, cu frunze opuse sau verticilate.

Familia Hydrocharitaceae. *Hydrocharis* (Paleogen-Actual) apare în stare fosilă sub formă de seminţe, polen, frunze (rotund-cordate).

Subclasa Liliidae

Cuprinde plante de uscat şi de mlaştină, cu flori actinomorfe şi zigomorfe trimere, de obicei pentaciclice, cu gineceu sincarp. Cel mai adesea, învelişul floral este un perigon corolinic (Lilianae) sau un periant diferenţiat în caliciu şi corolă (Bromelianae). Androceul este format din 6 stamine dispuse pe 2 cicluri (uneori se poate reduce până la o singură stamină).

Liliidele se apropie de magnoliatele policarpice din care, se pare, au provenit. Formele mai primitive de Liliales prezintă următoarele caractere de dicotiledonate: traheide în tulpinile supraterane, frunze peţiolate cu nervaţiune reticulată, flori prevăzute la bază cu 2 bractee laterale, inflorescenţă de tip cimă scorpioidă, periant diferenţiat în caliciu şi corolă, stamine numeroase, prezenţa

în sămânță a 2 cotiledoane, poziția laterală a cotiledonului. Liliidele se cunosc începând din Cretacic.

Ordinul Zingiberales

Ierburi tropicale, cu tulpini înalte, îngroșate prin tecile frunzelor care sunt mari și întregi.

Familia Musaceae. *Musa* (Paleogen-Actual), bananierul, este determinat prin fragmente de frunze din Terțiarul Europei: resturi de tulpini, fructe, frunze sunt semnalate și din Terțiarul Asiei și Americii de Nord.

Ordinul Cyperales

Ierburi hidrofile perene, cu tulpina trimuchiată și frunze lineare cu teaca vaginată.

Familia Cyperaceae. *Cyperus* (Terțiar-Actual) – este o plantă ierboasă cu rizom; în stare fosilă este determinată pe bază de fragmente de frunze (liniar-lanceolate, cu nervațiune paralelă), resturi de tulpini (*Cyperocaulon*), polen (*Cyperaceaepollenites*) și mai ales semințe.

Ordinul Poales

Ierburi cu rădăcini fasciculate, cu tulpina un pai (*culm*), alcătuită din noduri pline și internoduri lacunare, rareori lignificată (*Bambusa*). Frunzele sunt lineare, alterne, cu nervațiunea paralelă și teaca cu vagina despicată.

Familia Poaceae cuprinde plante ierboase, mai rar lemnoase (cele tropicale), cu tulpina formată din noduri și internoduri lungi. Florile sunt mici, bisexuate, rareori unisexuate, grupate în spiculețe. Ca adaptare la polenizarea anemofilă, învelișurile florale lipsesc sau sunt foarte reduse. În stare fosilă se cunosc amprente de frunze (*Poacites*, Terțiar-Actual).

Phragmites (Terțiar-Actual), stuful, determinat în stare fosilă după amprente foliare.

Bambusa (Terțiar-Actual), bambusul, este cunoscut în stare fosilă după amprente foliare.

Subclasa Arecidae

Cuprinde plante lemnoase și ierboase, cunoscute începând din Cretacic, caracterizate printr-o inflorescență numită *spadice* înconjurată de o frunză modificată numită *spată*. Spadicele este un racem monopodial condensat. Arecidele au derivat din monocotiledonatele primitive, dezvoltându-se paralel cu liliidele. Evoluția arecidelor s-a realizat de la arbori cu stip (palmieri) la

forme ierboase monopodiale, cu frunze întregi, uneori cu nervațiune reticulată (Arales).

Ordinul Arecales (Palmales)

Arbori cu tulpina (*stip*) lignificată și îngroșată prin tecile frunzelor căzute; frunzele sunt mari, divizate (penat sau palmat) și dispuse în vârful tulpinii (palmieri).

Familia Palmae (Arecaceae). *Sabal* (Fig. 67) (Paleogen-Actual) este un palmier cu port arborescent; în stare fosilă se cunoaște după amprente foliare (frunze mari, palmate).

Phoenix (Paleogen-Actual) este cunoscut în stare fosilă după impresiuni foliare.

Chamaerops (Fig. 67) (Terțiar) este cunoscut după impresiuni foliare palmate.

Ordinul Pandanales

Plante arborescente, arbustive sau liane, cu numeroase rădăcini adventive. Multe dintre aceste plante sunt specifice vegetației de mangrove.

Familia Pandanaceae. *Pandanus* (Cretacic-Actual) cuprinde plante arborescente reprezentate în flora actuală prin 630 de specii răspândite în Africa de Sud-Est, Asia de Sud, Indomalaezia, ajungând în nord până în sudul Chinei și Japoniei. În depozitele geologice este cunoscut prin fragmente de frunze cu nervuri paralele și marginile de obicei dințate. Se cunoaște din Cretacicul Americii de Nord, al Austriei și României, precum și din Oligocenul Germaniei și Italiei.

Familia Sparganiaceae. *Sparganium* (Cretacic-Actual), plante ierboase acvatice și palustre cu frunze lanceolate dispuse altern și inflorescențe emerse dispuse în glomerul. În stare fosilă este determinat mai ales prin semințe și polen.

Ordinul Typhales

Ierburi acvatice și palustre, cu frunze lanceolate dispuse altern.

Familia Typhaceae. *Typha* (Cretacic-Actual), papura, plante ierboase de regiuni mlăștinoase; în nămol posedă un rizom repent, gros și noduros, de pe care se ridică emers o tulpină simplă, cilindrică, erectă, prevăzută cu frunze lungi, lineare, vaginate, dispuse biseriat. Inflorescența este un spic cilindric, compact. Este determinat din numeroase aflorimente (cretacice, terțiare și cuaternare) din întreaga Emisferă Nordică, pe bază de fragmente foliare (nervuri paralele, prinse prin scurte punți transversale).

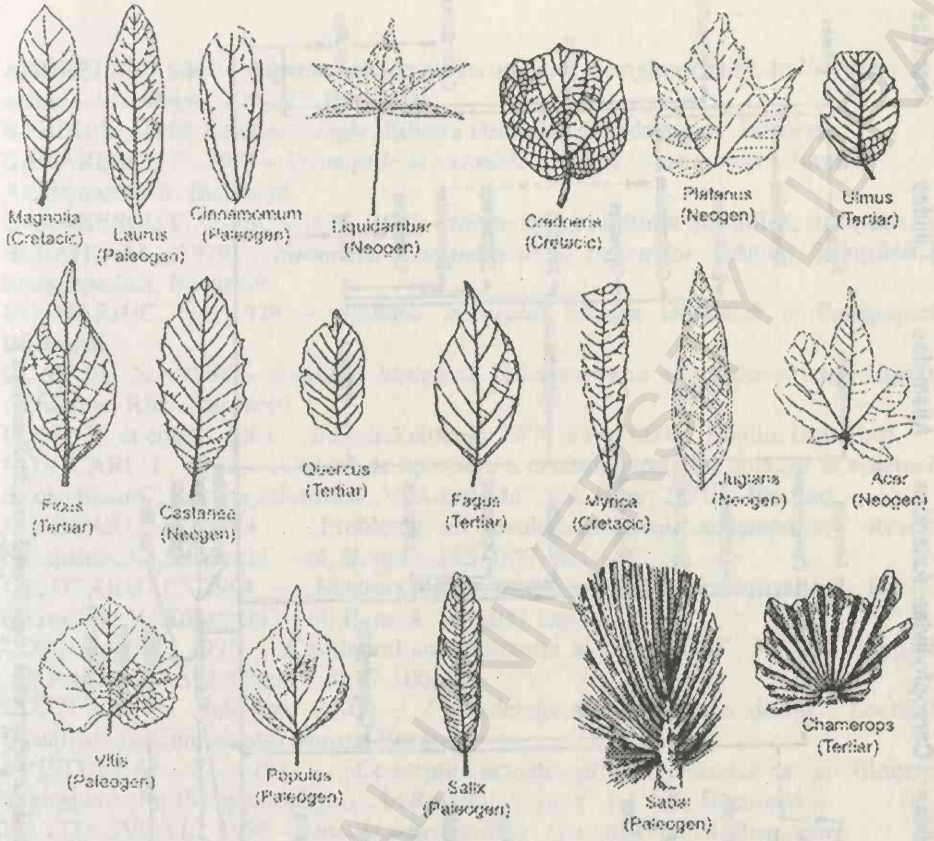


Fig. 67. **Frunze de angiosperme** (după E. Manoliu şi M. Orbocea, 1981).

Filogenia angiospermelor. Angiospermele provin din gimnosperme cicadofitine, în prima parte a Erei Mesozoice. Datele de anatomie şi embriologie comparată sugerează faptul că primele angiosperme erau de tipul dicotiledonatelor. Monocotiledonatele se pare că provin din dicotiledonate de tip Nymphaeales sau Ranunculales. Singurul cotiledon pe care îl dezvoltă monocotiledonatele are o poziţie apicală şi, alături de el, se formează un primordiu al celui de al doilea cotiledon, ceea ce sugerează originea monocotiledonatelor în dicotiledonate; el nu provine din concreşterea a două cotiledoane, aşa cum se întâmplă la unele dicotiledonate (*Nymphaea*, *Ranunculus ficaria*). Relaţiile filogenetice dintre principalele grupe de angiosperme sunt prezentate în figura 68.

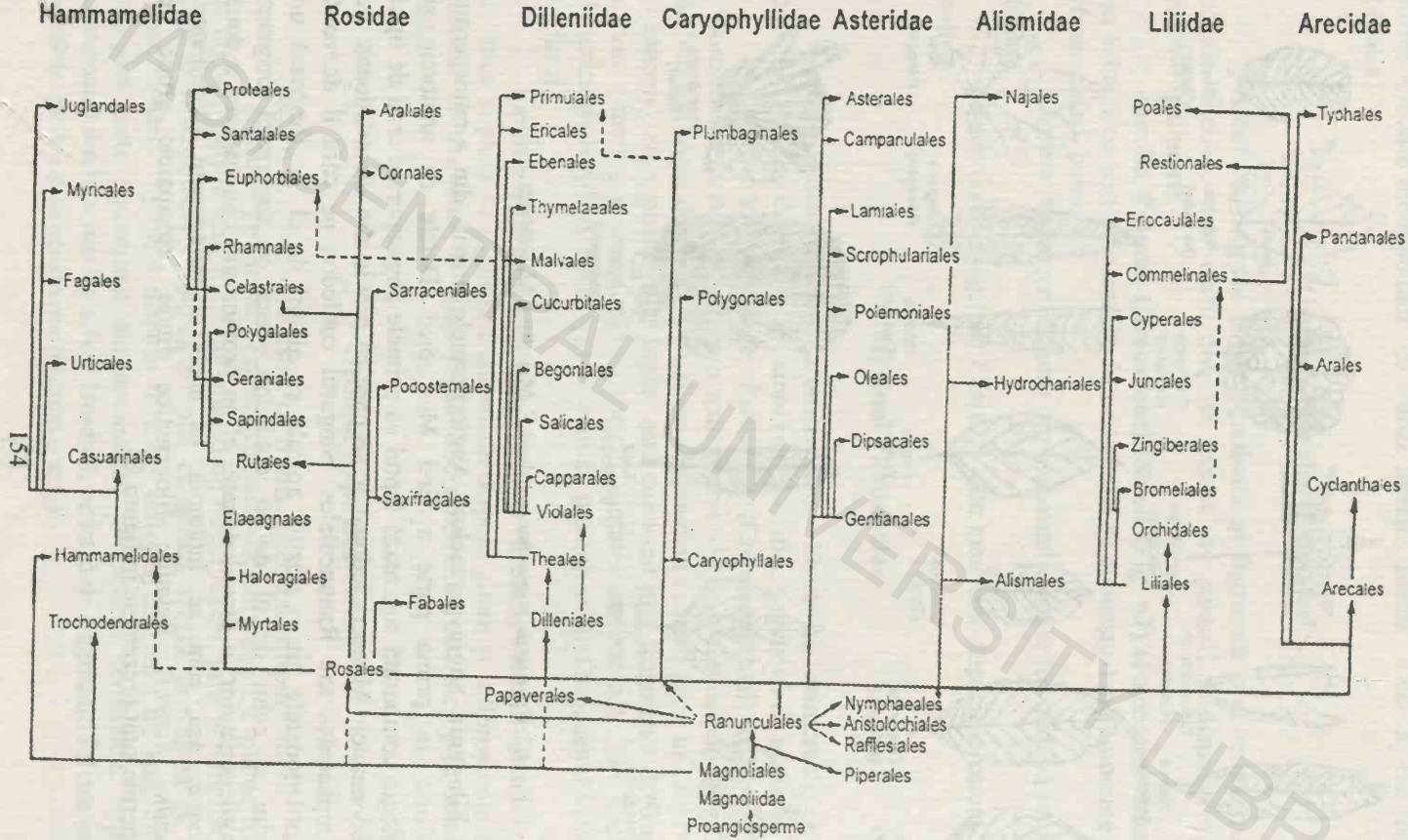


Fig. 68. Relațiile filogenetice dintre ordinele de angiosperme (după Ehrendorfer, din Strasburger și colab., 1971, completat de I. Hodișan și I. Pop, 1976)

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

ANDREI M., 1986 – „Aspecte actuale ale fecundației la angiosperme", în *Probleme actuale de biologie*: 209-223, București.

BARBU V., 1968 – *Paleontologie*, Editura Didactică și Pedagogică, București.

BĂNĂRESCU P., 1973 – *Principiile și metodele zoologiei sistematice*, Editura Academiei RSR, București.

BĂNĂRESCU P., BOȘCAIU N., 1973 – *Biogeografie*, Editura Științifică, București.

BLEAHU M., 1978 – *Formarea continentelor și oceanelor*, Editura Științifică și Enciclopedică, București.

BOTNARIUC N., 1979 – *Biologie generală*, Editura Didactică și Pedagogică, București.

CEAPOIU N., 1988 – *Evoluția biologică. Microevoluția și macroevoluția*, Editura Academiei RSR, București.

CHIFU T. et colab., 2001 – *Botanică sistematică (Cormobionta)*, Editura Univ. Iași.

COJOCARU I., 1994 – „Criterii de apreciere a evoluției speciilor aplicate la sistemele de clasificare", Revista Științifică „V. Adamachi", vol. II, nr. 2: 105 -106, Iași.

COJOCARU I., 1994 – „Probleme ale evoluționismului contemporan", Revista Științifică „V. Adamachi", vol. II, nr. 3: 155 - 157, Iași.

COJOCARU I., 1994 – „Macroevoluția și relativitatea macrotaxonilor", Revista Științifică „V. Adamachi", vol. II, nr. 4: 203-206, Iași.

COJOCARU I., 1995 – „Conținutul contradictoriu al sistematicii", Revista Științifică „V. Adamachi", vol. III, nr. 3-4: 97-100, Iași.

COJOCARU I., (sub tipar 2002) – „Considerații asupra noțiunii de *tal*", Lucrările Științifice ale Compexului Muzeal Bacău.

CRISTUREAN I., 1993 – „Concepții actuale privind sistematica și filogenia angiospermelor (Magnoliophyta)", în Revista „*Natura*" 1-4:199, București.

DAVITAȘVILI L., 1956 – *Curs de paleontologie*, Editura Tehnică, București.

DAVITAȘVILI L., 1974 – *Cauzele dispariției speciilor*, Editura Științifică, București.

DRAGASTAN O., PETRESCU J., OLARU L., 1980 – *Palinologie*, Editura Didactică și Pedagogică, București.

FILIPESCU M.G., 1971 – *Paleontologia vertebratelor* (curs litografiat), Univ. București, Fac. Geologie-Geografie.

FILIPESCU M.G., 1977 – „Paleontologia" în *Istoria științelor în România*, Editura Academiei RSR, București.

GRASU C., 1997 – *Geologie structurală*, Editura tehnică, București.

HANGANU ELISABETA-NISTOR, ȘURARU N., GRIGORESCU D., 1983 – *Paleontologie*, Editura Didactică și Pedagogică, București.

GAVRILOV V.P., 1980 – *Călătorie în trecutul Pământului*, Editura Tehnică, București.

GRIGORESCU, D., 1980 – *Înaintea apariției omului*, Editura Albatros, București.

GRINȚESCU I., 1985 – *Botanica*, Editura Științifică și Enciclopedică, București.

HODIȘAN I., POP, I., 1976 – *Botanică sistematică*, Editura Didactică și Pedagogică, București.

IONESCU V., CRISTUREAN I., 1986 – „Organizarea florală și evoluția magnoliofitelor", în *Probleme actuale de biologie*: 229-245, București.

KÄMPFE L., 1985 – *Evolution und Stammesgeschichte der Organismen*, VEB. Gustav Fischer Verlag, Jena.
KAUFMAN B.P., CARLSON T. F., DAYANANDAN P., EVANS M. L., FISHER J. B., PARKS C., WELLS J. R., 1989 – *Plants – their biology and importance*, Harper & Row, Publishers, New York.
KRUMBIEGEL G., WALTER H., 1984 – *Fossilien*, VEB. Deut. Verlag, Leipzig.
MACAROVICI N., TURCULEȚ I., 1972 – *Paleontologia stratigrafică a României*, Editura Tehnică, București.
MANILICI V., 1987 – *Uscatul se formează în apă*, Editura Tehnică, București.
MANOLIU E., ORBOCEA M., 1981 - *Paleontologie*, curs litografiat, Universitatea București.
MITITELU D., 1983 – *Botanică sistematică*, curs litografiat, Univ. Iași.
MOODY R., 1983 – *Fossils*, Newnes Books Limited.
MORARIU I., TODOR, I, 1972 - *Botanică sistematică*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
NORMAN D., 1994 – *Prehistoric Life – the rise of the vertebrates*, Boxtree Limited, London.
PARKER S., BERNOR, R., 1996 – *Fossils – the practical guide to paleontology*, Greenwich Ed., Singapore.
PETRESCU I., 1978 – *Pământul – o biografie geologică*, Editura Albatros, București.
PETRESCU I., 1986 – *Lumi geologice dispărute*, Editura Dacia, Cluj-Napoca.
PETRESCU I., 1990 – *Perioadele glaciare ale Pământului*, Editura Tehnică, București.
PETRESCU I., DRAGASTAN, O., 1981 – *Plante fosile*, Editura Dacia, Cluj-Napoca.
POUGH F.H., HEISER J.B., Mc FARLAND W.N., – *Vertebrate Life*: ed. a 3-a (1989) și ed. A 4-a (1996), Macmillan, New York.
SAULEA E., 1967 – *Geologie istorică*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
SHELTON P., editor, 1993 – *Evolution – a biological and paleontological approach*, Addison – Wesley Publishing Company, the Open University.
SITTE P., ZIEGLER H., EHRENDORFER F., BRESINSKY A., 1999 – *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
ȘERBĂNESCU-JITARIU G., TOMA C., 1980 – *Morfologia și anatomia plantelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București.
ȘTEFAN N., 2001 – *Botanică sistematică*, curs litografiat, Universitatea „Al. I. Cuza" Iași.
TARLING D.H., TARLING, M.P., 1978 – *Deriva continentelor*, Editura Științifică și Enciclopedică, București.
TATON R. (coordonator), 1972 – *Istoria generală a științei*, vol. III: *Știința contemporană*, Editura Științifică, București.
TĂTĂRÂM N., 1984 – *Geologie stratigrafică și paleogeografie. Mesozoic și Cainozoic*, Editura Tehnică, București.
TĂTĂRÂM N., 1988 – *Geologie stratigrafică și paleogeografie. Precambrian și Paleozoic*, Editura Tehnică, București.
*** *Dicționar de Biologie Oxford*, 1999, Editura Univers Enciclopedic, București.

A

Abies, 132
Acanthoceras rothomagense, 30
Acer, 146, 152
Aceraceae, 146
Aceroxylon, 146
Acetabularia, 63
A. mediterranea, 64
Acicularia, 63
A. heberti, 64
Acritarcha, 54, **55**, **56**
Acrostichus, 101
Actiniscus, 55
A. pentasterias, 58
Alethopteris, 113, 114
Alismales, 154
Alismidae, 135, 150, **150**, 154
Allosaurus, 46
Alnoxylon, 145
Alnus, 145
Ammodiscus incertus, 31
Amyelon, 128
Anatosaurus, 24
Andrias scheuchzeri, 11
Aneurophyton, 102
A. germanicum, 103
Angiopteris, 99
Angiospermae, 70, 105, 135, **136**
Anoplotherium, 13
Annularia, 89
A. radiata, 90
A. sphenophylloides, 90
A. stellata, 90
Antholithus, 115
Anthracotherium ilyricum, 31
Aphlebia crispa, 96
Arales, 152, 154
Araliales, **147**, 154
Araucaria, 43, **132**
A. excelsa, 131, 132
A. microphylla, 133
Araucariaceae, 132
Archaeocalamitaceae, 104
Archaeocalamites, 90
Archaeolithothamnium, 60, **61**
Archaeopteris, 102, **103**, **109**
Archaeopteryx, 14, 15, 32, 37
Arecales, **152**, 154
Arecaceae, 152
Arecidae, 135, 150, 154
Aristolochiales, 154
Arthropsida, 72, 74, **85**, 104
Artropitys, 89
Artroxylon, 89
Asclepiadaceae, 149
Asplenium, 101
Asterales, 154
Asteridae, 135, 142, **149**, 154
Asterocalamites scrobiculatus, 84
Asterophyllites, 89
A. equisetiformis, 90
Asteroxylales, **76**, 104
Asteroxylon, 71, **77**, **102**, **106**
A. mackiei, 77
Astromyelon, 89
Azolla, 102

B

Bacillus, 52
B. tieghemi, **52**, 54
Bacillariophyta, 54, **57**, **58**
Bacteriophyta, **52**
Baiera, 127, **128**
B. angustiloba, 127
B. foliosa, 127
B. furcata, 127
B. muensteriana, 127
B. raymondi, 127
Baltisphaeridium longispinosum, 54
Bambusa, 151
Baragwanathia, 78
B. longifolia, 77
Begoniales, 154
Bennettitales, 107, **118**, 135
Bennettites (Cycadeoidea), 119, 120
Bennettitopsida, 108, 111, **118**, 135
Betula, 145
Betulaceae, 139, 141, **145**
Betuloxylon, 145

BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Botrychium, 71, **98**
Botryococcaceae, 62, 64
Botryococcus, 28, 62, 64
Bromeliales, 154
Bromelianae, 150
Broussonetia, 140
Bryobionta, 51, **67**
Bryophyta, 67
Bryopsidales, 62

C

Calamitaceae, **89**, 104
Calamites, 85, **89, 90**
Calamodendron, 89
Calamostachys, 90
Calamostachys binneyana, 86
Calciodinellum, 55
C. operosum, 58
Callixylon, 102
Callipteris, 113
C. zeilleri, 114
Calpionella carpathica, 31
Camelus alutensis, 19
Camerina, 31
Campanulales, 154
Capparales, 154
Carnoconites, 122
Carpinoxylon, 145
Carpinus, 145
Carpolithes, 116
Carya, 145
Caryophyllales, 154
Caryophyllidae, 135, 142, **148**, 154
Castanea, **144**, 154
Castanoxylon, 144
Casuarinales, 154
Caudipteryx, 16
Caytonia, 115
C. sewardi, 115
Caytoniales, 111, 135
Caytonathus, 113
Cedrus, 134
Celastraceae, 147
Celastrales, **147**, 154
Cercidiphyllum, 140
Chaetophorales, 74
Chalicotherium, 39
Cheirotherium, 22
Chamaerops, **152**, 154
Chara, 64
C. fragilis, 65
Characeae, 64
Charophyceae, 63
Chiasmolithus, 57
C. californicus, 58
Chlamidospermae, **122**
Chlorococcales, 62
Chlorophyceae, **63, 64**
Chlorophyta, 54, **60**, 104
Chrysophyceae, **56, 58**
Chrysophyta, 54, **56**
Cingularia typica, 86
Cinnamomum, 143, 154
C. zeilanicum, 143
C. camphora, 143
Cladoxylon, 71, **98**
C. scoparium, 97
Clathraria, 81
Coccolithophoridales, 56, **58**
Coccolithus pelagicus, 58
Codiaceae, 62
Coleochaetaceae, 104
Collenia, 53, 54
Commelinales, 154
Commelinidae, **150**
Coniferophytina, 110, **126**, 135
Coniferopsida, **128**
Corallinaceae, 60
Cordaianthus, 128
C. concinnus, 129
C. williamsonii, 129
Cordaicarpus cordei, 129
Cordaitales, 128, 135
Cordaites, 109, **126**
C. laevis, 129
Cordaitidae, 107, **128**, 135, 136
Cormobionta, 51, **68**
Cornales, 154
Cornua, 57
C. trifurcata, 58
Cornales, 147
Cornus, 147
Corylopsis, 140
Credneria, 144, 154
Cryptonemiales, 60
Cryptozoon, 53, 54
Cucurbitales, 154
Cupressaceae, 134
Cupressus, 134
Cyanophyta, 52, **53**
Cyathea, 100, 101

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

C. crinita, 100
Cyatheaceae, 101
Cycadales, 106, 116, **117**
Cycadeoidea (Bennettites), 119, **120, 139**
C. gibsoniana, 120
C. wielandi, 120
Cycadophytina, 110, **111**, 135
Cycadopsida, 107, 108, 111, **116**, 135
Cycas, 43, 135
Cyclanthales, 154
Cynognathus, 47
Cymatiosphaera, 56
Cyperaceae, 151
Cyperaceaepollenites, 151
Cyperales, 151, 154
Cyperocaulon, 151
Cyperus, 151

D

Dasycladaceae, 62, **63, 64**
Dasycladales, 63
Decaisnea, 140
Deinonychus, 46
Deinotherium gigantissimum, 19
Desmostylia, 38
Dicotyledonatae, 142
Dictyocha, 57
D. fibula, 58
Dictyochales, 56, **57**
Dilleniales, 154
Dilleniidae, 135, 142, **147**, 154
Dinocerata, 15
Dinophyta, 54
Diplocaulus, 97
Diplodocus longus, 31
Diplopora, 63, 64
D. phanerospora, 64
D. praecursor, 64
Diprotodon, 24
Dipsacales, 154
Dipteronia, 140
Distephanus, 57
D. pentagonus, 58
Drepanophycus, 78
D. spinaeformis, 77
Dryopteris, 71, **101**
D. lakessi, 100
Drymis, 137

E

Ebenales, 154
Edaphosaurus, 47
Elaeagnales, 154
Eozoon canadense, 26
Ephedra, 124, 138
E. distachya, 123
Ephedrales, 123, **124**
Equisetaceae, 92, 104
Equisetales, **89**, 104
Equisetatae, 85
Equisetites, 92, **93**
E. muensteri, 93
Equisetopsida, 85
Equisetum, 71, 90, **92**
E. arvense, 93
E. giganteum, 92
Ericaceae, 148
Ericales, 148, 154
Ericsonia, 56
E. ovalis, 56
Eriocaulales, 154
Ernestiodendron, 131
E. filiciforme, 131, **133**
Eucalyptus, 66, **146**
Eucommia, 140
Euconiferales, 132
Eulepidophytales, 78
Euonymus, 147
Euphorbiales, 154
Euptelea, 140
Eurhytidolepis, 81
Eusigillaria, 81
Eusporangiidae, 98, 104

F

Fabales, 154
Fagaceae, 138, 140
Fagales, **144**, 154
Fagoxylon, 145
Fagus, **145**, 154
Favularia, 81
Ficoxylon, 144

BCU LIBRARY

Ficus, **144**, 154
Filicales, 99, **101**, 104
Filicopsida, 74, **94**, 104
Florideae, 59
Fraxinoxylon, 149
Fraxinus, 149
Fucus, 59
F. veziculosus, 61
Fungi, 66

G

Galionella, 52
G. feruginea, 54
Gangamopteris, 116
G. cyclopteroides, 116
Gentianales, 149, 154
Geraniales, 152
Ginkgo, 43, 109, **127**
G. biloba, 127
G. huttoni, 127
Ginkgoales, 106, 107, **127**, 135
Ginkgoatae, 126, 135
Ginkgopsida, 107, 108, **126**, 135
Glaeocapsomorpha, 53
G. prisca, 54
Globator, 64
Glossopteridales, 111, **115, 116**, 135
Glossopteris, 45, 46, 49, 48, 92, **116**
G. browniana, 116
Glyptostrobus, 48
Gnetales, 123, **125**
Gnetatae, 122
Gnetopsida, 106, 108, 111, **122**, 135
Gnetum, 109, **124**
G. latifolium, 124
Gymnospermae, 70, 104, 105, **106**, 110, 135
Gyroporella, 63
G. vesiculifera, 64

H

Halimeda, 62, 64
Hallucigenia, 38, **39**
Haloragiales, 154
Hammamelidaceae, 143
Hammamelidae, 135, 142, **143**, 154
Hammamelidales, **144**, 154
Hedera, 147
Hepaticites, 67, **68**
Hippurites, 38
Homo diluvii testis, 11
Homoxylon, 137
Hyenia, 87, 104
H. elegans, 85
Hyeniales, 86
Hyaenodon, 46
Hydrocharis, 150
Hydrocharitaceae, 150
Hydrocharitales, 150, 154
Hydropteridales, 99, **103**, 106, 107
Hydropterididae, 103
Hyenia, 89
H. elegans, 89
Hyeniales, 88

I

Ichthyostega, 32
Isoëtales, 81, **82**, 104
Isoëtes, 82, 83, 84
Isoëtites, 84

J

Juglandaceae, **145**
Juglandales, **145**, 154
Juglans, **145**, 154
Juncales, 154
Juniperus, 134

K

Kalopanax, 140
Kannemeyeria, 47
Kenellales, 60

L

Lagenostoma, 109, 112
Lamiales, 154
Larix, 134
L. europaea, 107
Latimeria chalumnae, 43
Lauraceae, 143

BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Laurales, 143, 154
Laurus, 66, **143**
L. nobilis, 143
Lebachia, 131
L. piniformis, 133
Lebachiaceae, 131
Leiodermaria, 81
Leiofusa, 56
Leiosphaeridia, 56
Lepidocarpon, **78, 105, 108**
L. lomaxi, 79
Lepidodendraceae, 76, 104
Lepidodendrales, 76, **78**, 104, 105
Lepidodendron, 66, 71, **79, 80, 81**
Lepidophloios, 78
Lepidophyloides, 79
Lepidopsida, 72, 74, **76**, 104
Lepidostrobus, 79, **80**
Leptosporangiidae, 99, 100, 104
***Leptothrix*, 52**
Lesothosaurus, 47
Lichenobionta, 51, **67**
Lichenophyta, 67
Lyginopteridopsida, 111
Liliales, 152
Liliatae, 135, 142, **149**
Liliidae, 135, **150**, 154
Lingula, 28
Liquidambar, 144
Liriodendron, 143
Lithophyllum, 60, 61
Lithothamnium, 60
L. saxonicum, 61
Lycopodiales, 76, **84**, 104
Lycopodiatae, 76
Lycopodites, 84
L. falcatus, 84
Lycopodiopsida, 76
Lycopodium, 71, 84, 109
Lyginopteridaceae, **112**
Lyginopteris, 112
L. oldhamia, 112
Lystrosaurus, 47

M

Machairodus, 37
Macrocephalites macrocephalus, 28
Macrocystis, 56
M. pyrifera, 59
Macroscaphites, 36
Magnolia, 139, **143**, 153
Magnoliaceae, 140, **143**
Magnoliales, **143**, 154
Magnoliatae, 142
Magnoliidae, 135, **142**, 154
Magnoliophyta, 135
Magnolioxylon, 143
Magnolipolis, 143
Malus, 146
Malvales, **154**
Marattiaceae, 97
Marattiales, 96, 102, 103
Marchantites, 65, **66**
Marsilea, 69, 100
Medullosaceae, 110, **111**
Megaceros, 37
Mesocalamites, 87
Mesosaurus, 45
Metacrinus, 41
Metasequoia, 41
Micrococcus, 50
M. hymenophagus, 50
M. zeilleri, 52
Micraster coranguinum, 28
Monocotyledonatae, 142, **149**
Moraceae, 144
Morus, 144
Musa, 151
Musaceae, 151
Muscites, 65, **66**
Mycobionta, 49, **64, 66**
Mycophyta, 64
Myrica, **145**, 153
Myricaceae, 145
Myricales, **145**, 154
Myriophyllites, 87
Myrtaceae, 146
Myrtales, **146**, 154
Myrtus, 146

N

Najales, 154
Nathorstiana, 81, 82, 102
Nematophyta, 52, **63, 66**
Neohematopinus, 44
Neuropteris, 113
N. heterophylla, 113, **114**
Nilssonia, 117
N. orientalis, 117

BCU ASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

N. schmidti, 117
N. tenuinervis, 118
Nilssoniales, **117**, 135
Nipponites, 38
Nitromonas, 52
Nothofagidites, 145
Nothofagixylon, 145
Nothofagus, 145
Nucula, 43
Nummulites, 31
Nummulospermum, 116
Nymphaea, 154
Nymphaeales, 150, 154

O

Ochromonadales, 58
Odontopteris, 113
O. robusta, 114
Olea, 149
Oleaceae, 149
Oleales, 149, 154
Oleoxylon, 149
Opabinia, 38, **39**
Ophioglossales, 98, 104, 105
Ophioglossidae, 98
Ophioglossum, 71, 98
Orchidales, 154
Osmunda, 71, **101**
O. heeri, 100
Osmundales, 99, **100**, 104, 105
Ostrea multicostata, 31
Ostryopsis, 139

P

Palaeocycas, 117, 118
P. integer, 118
Palaeotherium, 13
Palaeoparadoxia, 38
Palaeostachya, 90
Palaeostachya gracilis, 86
Palmae, 151
Palmales, 152
Paludina, 18
Pandanaceae, 152
Pandanales, 152, 154
Pandanus, 152
Papaverales, 154
Pareodina, 55
P. ceratophora, 58
Pentoxylales, 118, **121**, 135
Pentoxylon, 121
P. sahnii, 122
Pecopteris, 113, 114
P. plückneti, 113, **114**
Periploca, 149
Pheophyta, 54, **58**
Phoenix, 152
Phragmites, 151
Phycobionta, 51
Phyllotheca, 91
P. equisetitoides, 91
P. etheridgei, 91
Phylothecaceae, 91, 104
Picea, 134
Pilularia, 102
Pinaceae, 134
Pinakodendraceae, 84
Pinatae, 128
Pinidae, 108, 133, 135
Pinophyta, 106
Pinopsida, 107, **128**
Pinnularia (Bacillariophyta), 57
P. excelens, 58
Pinnularia (Calamitaceae), 89
Pinus, 134
Pinus succinifera, 24
Piperales, 154
Plagiogyra, 71
Plantae, 51
Plataneceae
Platanoxylon, 144
Platanus, 154
Platybelodon, 39
Platycarya, 140
Pleuromeia, 81, 83, 84
P. sternbergi, 82
Pleuromeiaceae, 104
Plumbaginales, 154
Poaceae, 151
Poacites, 151
Poales, 151, 154
Podostemales, 154
Polemoniales, 154
Polygalales, 154
Polygonales, 154
Polypodiaceae, 101
Polypodiatae, 94
Polypodium, 71

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Podocarpaceae, 132
Podocarpus, 132, 136
Podostemales, 154
Podozamitaceae, 132
Podozamites, 56, **132**
P. lanceolatus, 133
Polyedrixium, 56
P. pharaonis, 56
Polygalales, 154
Populus, **146**, 154
P. mutabilis, 68
Primofilicidae, 97, 104
Primulales, 154
Proboscidea, 35
Procaryobionta, 51, **52**
Progymnospermidae, 102, 103, 104, 135
Propalmophyllum, 137
Proteales, 154
Protista, 55
Protoarticulatae, 86
Protoconiferales, 131
Protolepidodendraceae, 104
Protolepidodendrales, 76, **77**
Protolepidodendron, 78, 104
P. scharianum, 77
Protolepidophytales, 77
Protopteridiidae, 97, 104
Protopteridium, 97
P. hostinense, 97
Prototaxites, 66, **68**
Prunus, 144
Psaronius, 71, **98, 99**
Pseudomonas, 52
Pseudosporochnus, 97
Pseudotsuga, 134
Psilodon, 18
Psilophytales, 75, 104
Psilophyton, 75, 104
P. princeps, 75
Psilophytatae, 74
Psilophytopsida, 74
Psilopsida, 72, **74**
Psilotales, 76, 104
Psilotopsida, 76
Psilotum, 71
Pterididae, 99
Pteridium, 101
Pteridopsida, 94
Pteridophyta, 70, 135
Pteridopsida, 94
Pteridospermae, 107, 108, **111**, 112, 135
Pteridospermales, 111, **112**, 135
Pteris, 71, **111**
Pteroceltis, 140
Pterophyllum, 119
P. jaegeri, 119
P. longifollium, 121
P. magoti, 122
Puccinites, 66
Pyrrophyta, 54
Pyrus, 146

Q

Quercus, **144**, 153

R

Rafflesiales, 154
Ranunculales, 142, 150, 154
Ranunculus ficaria, 154
Reptilia, 35
Restionales, 154
Richthofenia, 38
Rhamnales, **147**, 154
Rhododendron, 148
Rhodophyta, 54, **59, 61**
Rhizomorpha, 67
Rhynia, 71, 72, **75, 77, 102, 104, 106, 109**
R. major, 75
Rhyniales, **75**, 104
Rhytidolepis, 81
Rosa, 146
Rosaceae, 146
Rosales, 144
Rosidae, 135, 142, **145**, 154
Rutales, 154

S

Sabal, **152**, 153
Sagenopteris, 115
S. variabilis, **115**
Sahnioxylon, 121, 139
S. aviasii, 122
Salicaceae, 138, 148
Salicales, **148**, 154
Salicinoxylon, 148

BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Salix, **148**, 154
Salvinia, 102
Salviniales, 101
Salviniidae, 101
Sanmiguelia, 137
Santalales, 154
Sapindales, **146**, 154
Sarraceniales, 154
Sassendorfites, 137
Saxifragales, 154
Schizoneura, 92
S. gondwanensis, 92
S. manchuriensis, 92
S. paradoxa, 92
Schizoneuraceae, 92, 104
Schützia, 113
Scrophulariales, 154
Selaginella, 71, 85, 109
Selaginellaceae, 76
Selaginellales, 76, **85**, 104, 105
Selaginellites, 85
S. gutbieri, 85
Sequoia, 130
S. couttisiae, 133
Seymouria, 32
Siderocapsa, 52
Siderococcus, 52
Sigillaria, **81, 82, 83, 104**
S. scutellat, 82
S. tesselata, 82
Sigillariaceae, 76, 104
Sigillariastrobus, 82
Silicoflagellata, 57
Smilodon, 39
Solenopora, 60
S. condensa, 61
Solenoporaceae, 60
Sorbaria, 140
Sparganiaceae, 152
Sparganium, 152
Spermatites, 116
Spermatophyta, 70, **105**, 108
Sphagnum, 67
S. cymbifolium, 68
Sphenodon punctatum, 43
Sphenophyllales, 72, **87**, 104
Sphenophyllum, 87, **88**
S. cuneifolium, 88
S. dawsoni, 88
S. fertile, 88
S. majus, 88
S. tenerrimum, 88
Sphenopsida, 85
Sphenopteris, 112
S. obtusiloba, 112
S. striata, 112
Sporogonites, 67
Sulfomonas, 52
Stauropteris, 97
Stethacanthus, 38
Stigmaria, 79, 84
Stylocalamites, 90, 91
Stylites, 82, 83, 84
Subrhytidolepis, 81
Subsigillaria, 81
Sycidium, 65
S. melo, 65
S. panderi, 65

T

Tanystrophaeus, 39
Taxaceae, 128, **132**
Taxodium, 48, **133**
T. distichum, 133
Taxus, 107, **133**
Teniopteris, 113, **114**
T. multinervis, 113
Tenontosaurus, 44
Theales, 154
Theosodon, 41
Tetracentron, 121, 137, 140
Tetraxylopteris, 102, 109
T. schmidtii, 103
Thiothrix, 52
Thoatherium, 41
Tillia, 148
Tiliaceae, 148
Tintinopsella carpathica, 31
Torellia, 127
Toxodon, 41
Trochiliscus, 64
T. sexcossulcatum, 65
Trochodendraceae, 143
Trochodendrales, **143**, 154
Trochodendron, 121, 137, 140
Trochodendroxylon, 143
Thylacosmilus, 41
Thymelaeales, 154
Trigonocarpus, 111, **114**
Tsuga, 134
Turrilites, 38

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Typha, 153
Typhaceae, 153
Typhales, 153, 154

U

Ulothrichales, 64, 104
Ulmaceae, 144
Ulmoxylon, 144
Ulmus, 144
Urticales, **144**, 154

V

Violales, 154
Vitaceae, 147
Vitis, **147**, 154
Voltzia, 132, 136
V. heterophylla, 132, **133**
Voltziaceae, 132

W

Walchia, 131
Welwitschia, 109, **125**
W. mirabilis, 126
Welwitschiales, 123, **125**
Wielandiella, 120
W. angustifolia, 122
Williamsonia, 119
W. sewardiana, 122
Williamsoniella, 119, 120
W. coronata, 122

X

Xylomites, 66
X. varius, 68

Z

Zamia, 121
Zamites, 121
Z. feneonis, 122
Zingiberales, 151
Zingiberidae, 150

BCU IAS/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

TIPARUL EXECUTAT LA
IMPRIMERIA EDITURII UNIVERSITĂȚII
„ALEXANDRU IOAN CUZA" DIN IAȘI
6600 Iași, Păcurari 9, tel./fax (0232) 314 947
e-mail: editura_uaic@mail.com

Format: 70×100/16
Coli tipo: 10,50
Apărut: 2002
Comanda: 1.339

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY